XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen

XVI Конференция придунайских стран по гидрологическим прогнозам и гидрологическим основам водного хозяйства

Kelheim / Кельхейм 18. - 22.5.1992

Vorläufiger Konferenzbericht
Предварительный сборник докладов

II

Herausgegeben vom Nationalkomitee der Bundesrepublik Deutschland
für das Internationale Hydrologische Programm der UNESCO und
das Operationelle Hydrologische Programm der WMO

Издан Национальным Комитетом Федеративной Республики Германии
по Международной Гидрологической Программе ЮНЕСКО и
Оперативной Гидрологической Программе ВМО

Koblenz - Кобленц
1992

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
18. - 22. Mai 1992

Kelheim
Bundesrepublik Deutschland

Unter dem Motto
Hydrologie und Wasserwirtschaft im Donauraum als Grundlagen
für eine ökologisch und sozio-ökonomisch nachhaltige Weiterentwicklung

veranstaltet vom
Nationalkomitee der Bundesrepublik Deutschland
für das Internationale Hydrologische Programm (IHP) der UNESCO
und das Operationelle Hydrologische Programm (OHP) der WMO

unter der Schirmherrschaft
des Bayerischen Ministerpräsidenten,
Herrn Dr. h.c. Max Streibl

in Zusammenarbeit mit
der UNESCO
dem Bayerischen Staatsministerium des Innern
dem Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg
der Landesgruppe Bayern im
Deutschen Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.
dem Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg e.V.

Die Konferenz stellt einen Beitrag zum
Internationalen Hydrologischen Programm der UNESCO dar

XVI КОНФЕРЕНЦИЯ ПРИДУНАЙСКИХ СТРАН ПО ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ ПРОГНОЗАМ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ ОСНОВАМ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Кельхейм, 18-22 мая 1992 г.
Федеративная Республика Германии

Под девизом
Гидрология и водное хозяйство в бассейне Дуная как основа экологического и социально-экономическогоустойчивого развития

проводится под руководством
Национального Комитета Федеративной Республики Германии по Международной Гидрологической Программе (МГП) ЮНЕСКО и Оперативной Гидрологической Программе (ОГП) ВМО

под покровительством
Баварского Премьер-министра
почетного доктора Макса Штрайбля

в сотрудничестве с

ЮНЕСКО
Баварским Государственным министерством внутренних дел
Министерством по охране окружающей среды Баден-Вюртемберг
группой Земли Баварии в Немецком союзе водного хозяйства и мелиоративного строительства (зарегистрированное общество) и
Водохозяйственным Союзом Баден-Вюртемберг
(зарегистрированное общество)

Конференция вносит вклад в Международную Гидрологическую Программу ЮНЕСКО

Inhaltsverzeichnis

		Seite
Vorwort		
Eröffnungssitzung		
Themenbereich 1:	**Methoden der kurz- und langfristigen Wasserstands- und Abflußvorhersage**	31
1.1	**P. Bartha**, Ungarn Zusammenarbeit der Donauländer auf dem Gebiet der Hochwasservorhersagen im Rahmen der Bukarester Deklaration	33
1.2	**V.Al. Stanescu & V. Ungureanu**, Rumänien Die gesicherte langfristige Herbstzeitvorhersage	39
1.3	**Natalija A. Agal'ceva, Ljudmila N. Borovikova & Elena V. Kornilova**, Usbekistan Methoden, Ergebnisse und Perspektiven langfristiger Abflußvorhersagen für Gebirgsflüsse	45
1.4	**V.A. Bel'cikov**, Rußland Analyse der Bedingungen für das Auftreten extremer Hochwasser mit Hilfe eines Modells für die Bildung von Schmelz und Regenwasserabflüssen	51
1.5	**M. Genev & G. Damianov**, Bulgarien Möglichkeiten der Abflußvorhersage für die Donau unter Berücksichtigung solar-atmosphärischer Faktoren	59
1.6	**V.M. Muchin**, Rußland Wahrscheinlichkeitsprognosen und Berechnungen der Abflußganglinie bei einem Gebirgsfluß	61
1.7	**P. Serban, M. Simota & C. Corbus**, Rumänien Vorhersagemodell für Tagesmitteldurchflüsse	67
1.8	**V.Al. Stanescu & M. Simota**, Rumänien Vorhersagemethodik des monatlichen und frühjährlichen Wasserangebots an großräumigen Staubecken	75
1.9	**S. Prohaska**, Jugoslawien Hochwasserkoinzidenz der Donau mit ihren wichtigeren Nebenflüssen	81
1.10	**Sarka Rhzkova**, CSFR Der Einfluß der Untergliederung des Einzugsgebietes auf die Durchflußvorhersage	109
1.11	**J. Szolgay & B. Minarik**, CSFR Adaptive Fehlerkorrektur mittels eines Self-Tuning Predictors	115
1.12	**I. Palfai & T.L. Boga**, Ungarn Methode für die Vorhersage der hydrologischen Dürre und Erfahrungen mit ihrer Anwendung	121
1.13	**D.I. Dimitrov**, Bulgarien Some results of the daily discharge forecasting along the Bulgarian side of the Danube river	129
1.14	**Ljudmila F. Ljachovskaja & Dina C. Salichova**, Usbekistan Kurzfristige Abflußvorhersage für die Gebirgsflüsse Mittelasiens	135
1.15	**J. Novak**, CSFR Erfahrungen mit den kurzfristigen hydrologischen Vorhersagen an den Flüssen der Ostslowakei	141
1.16	**P. Petrovic & J. Smolbal**, CSFR Abflußvorhersage für das Bodrogeinzugsgebiet	147
1.17	**F. Barth**, Deutschland Erfahrungen beim Aufbau einer Hochwasservorhersagezentrale für Rhein, Neckar und Donau	149
1.18	**M. Heilig**, Österreich Die Anwendung eines mit Niederschlagsabflußmodellen gekoppelten Abflußmodelles der Donau zur Vorhersage der Donauhochwässer des Jahres 1991 (Poster)	153
1.19	**A. Vogelbacher & F.-K. Holle**, Deutschland Hochwassernachrichtendienst in Bayern (Poster)	161

Seite

1.20 V. A. Stanescu, Rumänien 163
Bericht des rumänischen Nationalkomitees für das Internationale Programm der UNESCO bezüglich der wasserkundlichen Vorhersagetätigkeitsentwicklung in Rumänien

Themenbereich 2: Ökonomische und soziale Effizienz hydrometeorologischer Informationen für die Volkswirtschaft 171

2.1 M. Domokos & B. Novaky, Ungarn 173
Ist die Herausgabe komprimierter hydrologischer Informationen noch zweckmäßig?

2.2 W. Günther, Deutschland 181
Der Wert meteorologisch-hydrologischer Informationen -Ein Bericht zum erreichten Stand der Analytik

2.3 N.P. Skripnik & S.P. Sendrik, Ukraine 187
Landesweite Abflußvorhersagen für die Lösung von Fragen zur rationellen Nutzung und zum Schutze der Wasservorräte in der Ukraine

2.4 J. Beuleky, CSFR 193
Erhöhung der Hochwassergefahr durch Abflußbeschleunigung - Ein Paradox des Hochwasserschutzes?

2.5 A.A. Taratunin, Weißrußland 199
Die Anwendung von Satelliteninformationen für eine rationelle komplexe Nutzung der Hochwasservorräte

2.6 S. Dakova, Bulgarien 205
Hydrological problems related to the utilization of low flow of Bulgarian part of the Danube river

2.7 M. Berakovic & B. Berakovic, Kroatien 213
Hydrologie - Teil des Prozesses beim Lösen von wasserwirtschaftlichen Problemen

Themenbereich 3: Methoden zur Gewinnung, Bearbeitung und Bereitstellung von Daten für hydrologische und wasserwirtschaftliche Zwecke 219

3.1 F. Nobilis & T. Haiden, Österreich 221
Untersuchungen zum vermutlich größten Niederschlag im Hinblick auf den vermutlich größten Abfluß am Beispiel eines Donauzubringers in Österreich

3.2 P. Miklanek, CSFR 229
Die Typisierung der relativen Jahresabläufe der Niederschläge in der Slowakei

3.3 U.I. Ruchanda & I.A. Kanaev, Usbekistan 235
Möglichkeit der automatischen Erfassung, Verarbeitung und Darstellung von Parametern der Schneedecke im Gebirge

3.4 J. Buchtele, CSFR 241
Die Simulation der Schneeschmelzung und Schneevorräte für veränderte Abflußbedingungen

3.5 L. Bulovic, CSFR 249
Abflußbilanz der Donau flußabwärts von Bratislava

3.6 V.G. Konovalov & N.A. Musatov, Usbekistan 255
Physical and statistical method of annual runoff forecasting

3.7 M.N. Sosedko, Ukraine 261
Die regelmäßige Aufeinanderfolge von Zeitabschnitten mit hoher und niedriger Wasserführung in den Einzugsgebieten der Theiß und des Dnestrs

3.8 R. Drobot & E. Alexandrescu, Rumänien 267
Die Betrachtung des hydrometrisch unüberwachten Nebenfluß-Beitrags in der Muskingum-Gleichung

3.9 B.H. Schmid, Österreich 275
Zur Koeffizientenschätzung beim Muskingum-Verfahren

3.10 Eva Soukalova, CSFR 281
Grundwasseranalyse mit Hilfe der Zeitreihenanalyse

Seite

3.11 **S. Szalai, E. Korin & L. Kuti**, Ungarn 287
Der Einfluß geologischer und meteorologischer Faktoren auf den Feuchtigkeitsgehalt der Waldböden in der Umgebung von Gödöllö

3.12 **G. Koehler & H.J. Rosemann**, Deutschland 289
Regionalisierung hydrologischer Kenngrößen für Teileinzugsgebiete im südlichen Donauraum Bayerns

3.13 **V.N. Mikhailov & V.N. Morozov**, Rußland 297
Hydrologische Grundlagen der Wasserwirtschaft im Donaudelta

3.14 **V.Al. Stanescu**, Rumänien 303
Eine zeitlich-räumliche Hochwasserspitzendurchfluß-Analyse im Donaubecken

3.15 **M. Genev**, Bulgarien 311
Analyse interner Reihenstrukturen für Vorhersagen

3.16 **J.V. Gorbunov, A.A. Dobrovol'skij, B.V. Fashchevskij & A.M. Vladimirov**, Rußland 319
Die Verwendung von hydrologischen Prognosen für die Planung einer ökologisch-wasserwirtschaftlichen Steuerung großer Flußsysteme

3.17 **K. Bondar**, Rumänien 321
Trend und Zykluscharakter des Donau-Jahresabflusses beim Eintritt in das Donaudelta

Themenbereich 4: Einsatz moderner Systeme der Datenverarbeitung zur Rationalisierung und Leistungssteigerung in der Hydrologie und Wasserwirtschaft 327

4.1 **P. Juckel & H. Sager**, Deutschland 329
Das Informationssystem der bayerischen Wasserwirtschafts-verwaltung

4.2 **R. Wizgall, R. Hertel & H. Straub**, Deutschland 353
Informationssysteme für die Wasserwirtschaft innerhalb des KIWI Baden-Württemberg

4.3 **A.A. Semenov**, Rußland 367
Die Erstellung eines automatischen Informationssystems für das Regime der Flüsse im Donaueinzugsgebiet

4.4 **H. Bergmann, B. Sackl & V. Vasvari**, Österreich 373
Einrichtung einer Datenbank für Hochwasserereignisse

4.5 **A. Krone & M. Schramm**, Deutschland 381
Regionalisierung von Bemessungshochwasserscheiteln unter GIS-Nutzung

Themenbereich 5: Auswirkungen möglicher Klimaänderungen und anthropogener Einflüsse, Veränderungen einzelner hydrologisch-meteorologischer Elemente; Folgerungen für Hydrologie und Wasserwirtschaft 387

5.1 **O. Behr**, Österreich 389
Langfristige Schwankungen des Niederschlags im Donaueinzugsgebiet

5.2 **B. Hajos & Maria Bruton**, Ungarn 402
Die Wasserstandsregulierung des Balaton

5.3 **A. Szilagyi**, Ungarn 411
Untersuchung der beobachteten Wasserstandsabsenkung in der Donau im Abschnitt Szob-Dunaföldvar

5.4 **H. Schiller**, Deutschland 415
Wasserbilanz des deutschen Donaugebietes für die Jahresreihe 1901-1990

5.5 **A. Svoboda, I. Kunsch & K. Haltasova**, CSFR 423
Das Donauhochwasser von August 1991 und dessen Verlauf in dem Bereich des Wasserkraftwerkes Gabcikovo

5.6 **E. Kalmar**, Ungarn 429
Der Einfluß klimatologischer und anthropogener Faktoren auf die Änderung des Grundwasserstandes vom Standpunkt der Agrarmeteorologie

Seite

5.7 **M. Breznik**, Slowenien 439
Erhöhung der Hochwasserabflüsse der Donau und ihrer Zuflüsse durch Regulierung und Staustufen von Kraftwerken

5.8 **Magda Cizova**, CSFR 447
Einfluß der anthropogenen Tätigkeit auf die hydrologische Vorhersage

5.9 **V.N. Demidov**, Rußland 453
Untersuchung des möglichen Einflusses der wirtschaftlichen Tätigkeit auf die Entstehung von durch Sturzregen verursachte Hochwässer im Hinterland der Karpaten

5.10 **A.V. Jacyk & A.M. Petruk**, Ukraine 459
Normierung und Systemlösung bei der Bestimmung der anthropogenen Belastung der Flußeinzugsgebiete

5.11 **N.A Nazarov**, Rußland 465
Bewertung hydrologischer Folgen möglicher Klimaänderungen und anthropo gener Veränderungen der Einzugsgebiete der Flüsse im Ukrainischen Poles'e

5.12 **I.A. Shiklomanov & V.Y. Georgievsky**, Rußland 471
Problems of anthropogenic effects of climate variations on hydrological characteristics and water management

5.13 **V.I. Babkin, T.E. Grigorkina & A.N. Postnikov**, Rußland 479
Der Einfluß möglicher anthropogener Klimaänderungen auf den Abfluß der Flüsse im europäischen Teil der UdSSR

5.14 **J. Jaworski**, Polen 485
Der Einfluß möglicher Klimaänderungen auf die hydrologischen Prozesse eines Einzugsgebietes

5.15 **H. Quenzel**, Deutschland 491
Anthropogene Klimabeeinflussung - das regionale Bayerische Klimaforschungsprogramm

5.16 **K. Wilke & P. Krahe**, Deutschland 497
Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Abflußverhalten großer Flußgebiete

5.17 **O. Bonacci, S. Talic & D. Trninic**, Kroatien 499
Die Änderungen des hydrologischen Regimes am Unterlauf der Drau in Kroatien

Themenbereich 6: Temperatur- und Eisregime 507

6.1 **A. Stanclkova**, CSFR 509
Temperatur- und Eisregime der Donau und ihrer wichtigeren Zubringer

6.2 **B.M. Ginzburg & K.N. Poljakova**, Rußland 517
Säkulare Schwankungen der Eiserscheinungen an Flüssen

6.3 **L. Muvin**, CSFR 525
Die Auswertung der Abflüsse bei Eiserscheinungen

6.4 **V.A. Buzin & S.V. Sanockin**, Rußland 531
Erhöhung der Zuverlässigkeit und die Bewertung der Genauigkeit bei der Vorhersage von Eiserscheinungen aufgrund von statistischen Zusammenhängen

6.5 **E.J. Delsenhofer**, Deutschland 537
Temperaturregime der deutschen Donau

6.6 **M. Genev & L. Krystev**, Bulgarien 543
Über das Eisregime an der Donau im bulgarischen Abschnitt

Themenbereich 7: Probleme des Feststofftransportes 553

7.1 **L. Rakoczi**, Ungarn 555
Schwebstoff- und Geschiebeführung der Donau und ihrer wichtigeren Zubringer

7.2 **S.R. Pozdnjakov**, Rußland 565
Untersuchung der Kennwerte des Feststofftransports großer Flüsse

Seite

7.3 **B.F. Sniscenko & A.B. Svidcenko**, Rußland 571
Strukturelles und nichtstrukturelles Verfahren zur Schätzung des Geschiebetransports

7.4 **F.H. Weiß & H. Kortmann**, Deutschland 579
Feststoffhaushalt und Feststoffbewirtschaftung im deutschen Donaugebiet

7.5 **J. Kellermann, B. Söhngen & G. Loy**, Deutschland 589
Zuverlässigkeit berechneter Erosionstiefen der Donau im Bereich Straubing-Vilshofen

7.6 **M. Vetter & H. Engel**, Deutschland 591
Ablagerung und Abtragung von Sedimenten im Stauraum des Donaukraftwerkes Jochenstein

7.7 **M. Bacik, J. Topolska & M. Lukac**, CSFR 599
Die Vorhersage der morphologischen Änderungen im alten Donauflußbett nach der Fertigstellung des Wasserkraftwerks Gabcikovo

7.8 **E. Kupusovic & A. Hodzic**, Jugoslawien 607
Der Einfluß des Wasserspeichers des Wasserkraftwerks Mratin'e auf die Änderung des Schwebstofftransports im Profil der Station Foca-Most an der Drina

7.9 **V.F. Polonski, P.S. Granic & A.V. Safronova**, Rußland 617
Mathematisches Modell für die Systementwicklung für Wasserläufe im Donaudelta

7.10 **F.H. Weiß**, Deutschland 623
Feststoffhaushalt und Feststoffbewirtschaftung im deutschen Donaugebiet
(Poster)

Themenbereich 8: Grundlegende Aspekte der Wasserqualität und Gewässergüte 625

8.1 **R. Antoniu**, Rumänien 627
Zusammenarbeit der Donauländer auf dem Gebiet der Gewässergüte im Rahmen der Bukarester Deklaration

8.2 **P. Petrovic**, CSFR 629
Problematik "chemischer Zeitbomben" im Donaueinzugsgebiet

8.3 **M.M. Vavel'skij & I.I. Dedju**, Moldawien 631
Der oberirdische Abfluß - eine Quelle für die Verunreinigung von Wasserobjekten

8.4 **A.A. Sozinov, V.D. Alekseenko, J.A. Akimov, N.Y. Evtuschenko & A.P. Chernyaskaya**, Ukraine 639
Komplexe Bewertung und Klassifizierung der Wasserbeschaffenheit der Donau

8.5 **B.V. Fashchevskij**, Weißrußland 645
Ökologische Probleme der zulässigen Änderungen des Wasserregimes und einige Aspekte zur Steuerung der Flußsysteme

8.6 **M.T. Zahn, J. Bittersohl & H. Sager**, Deutschland 651
Atmosphärische Deposition als Faktor der Gewässerbelastung

8.7 **E. Bach**, Deutschland 659
Nährstofffrachten der Donau in Bayern

8.8 **R. Schmid**, Deutschland 667
Limnologischer Zustand der bayerischen Donau und ihrer wichtigsten Nebenflüsse - Donaubasisuntersuchung

8.9 **T. Tittizer, H. Leuchs & M. Banning**, Deutschland 669
Beitrag zur Struktur und Entwicklungsdynamik der Benthalfauna der Donau zwischen Kelheim und Jochenstein

8.10 **B. Hock**, Ungarn 677
Ungarn als Unterlieger

8.11 **M. Machkova, K.N. Zankov, D. Dimitrov & B. Velikov**, Bulgarien 685
Analysis of the surface and ground water hydrochemical conditions along the Bulgarian side of the Danube river

Seite

8.12 K.N. Zankov, Bulgarien & P.N.L. Buis, Niederlande 693
Die Verunreinigung der Donau im Längsprofil des bulgarischen Abschnitts

9 Nachträge

9.1 B. Podani, Rumänien 701
Anthropologische Einflüsse auf Eisschollen am unteren Lauf der Donau zwischen Eisernem Tor und Sulina

Содержание

		Страница
Предисловие		
Открытие коференции		
Доклады по Теме 1:	**Методы краткосрочных и долгосрочных прогнозов уровней и расходов воды**	31
1.1	**И. Барта**, Венгрия Сотрудничество придунайских стран в области прогнозирования паводков в рамках Бухарестской декларации	33
1.2	**В. Ал. Стэнеску, В. Утуряну**, Румыния Гарантированный долгосрочный прогноз за осенний период	39
1.3	**Наталия А. Агальцева, А. В. Пак**, Узбекистан Автоматизированные долгосрочные прогнозы стока горных рек: Методика, результаты, перспективы	45
1.4	**В. А. Бельчиков**, Россия Анализ условий возникновения опасных половодий с помощью модели формирования талого и дождевого стока	51
1.5	**М. Генев, Г. Дамянов**, Болгария Возможности прогнозирования стока р. Дунай при учете солнечно-атмосферных факторов	59
1.6	**В. М. Мухин**, Россия Вероятностные прогнозы и расчеты гидрографа горной реки	61
1.7	**П. Щербан, М. Симота, Ч. Корбус**, Румыния Модель прогрзирования средних ежедневных расходов	67
1.8	**В. Ал. Стэнеску, М. Симота**, Румыния Методы гидрологичесского прогнозирования месячного и сезонного весеннего стоков для больших водохранилищ	75
1.9	**С. Прохаска**, Югославия Анализ Совпадения половодий реки Дунай и его главных притоков	81
1.10	**С. Блажкова**, ЧСФР Учет участных бассейнов в прогнозировании стока	109
1.11	**Й. Шолтай, Б. Миварик**, ЧСФР Адаптивное исправление ошибок с помощью самонастраивающегося предиктора	115
1.12	**И. Надфаи, Т. Л. Бога**, Венгрия Метод прогнозирования гидрологической засушливости и опыт в применении его	121
1.13	**Д. И. Димитров**, Болгария Об итогах прогнозов суточных расходов воды р. Дунай на Болгарском участке	129
1.14	**Людмила Ф. Ляховская, Дина С. Салихова**, Узбекистан Краткосрочный прогноз стока горных рек Средней Азии	135
1.15	**Й. Новак**, ЧСФР Опыт в краткосрочных гидрологических прогнозах на реках Восточной Словакии	141
1.16	**П. Петрович, Й. Сумбал**, ЧСФР Прогнозирование стока для бассейна р. Бодро	147
1.17	**Ф. Барт**, Германия Опыт в сооружении центра прогноза паводков на реках Рейн, Неккар и Дунай	149
1.18	**М. Хайлиг**, Австрия Использование моделей стока в связи с моделями осадков для прогнозирования паводков на Дунае, возникающих в 1991 году (представление плакатов)	153

Страница

3.10 **Е. Сукалова, ЧСФР** 281
Анализ режима подземных вод с помощью анализа временных рядов

3.11 **Ш. Салаи, Э. Корен, Л. Кути, Венгрия** 287
Влияние геологических и метеорологических факторов на влагосодержание почвы лесов в окресности города Гёдёллё

3.12 **Г. Кёлер, Х. Й. Роземанн, Германия** 289
Регионализация гидрологических параметров отдельных участков водосбора в южной части Дунайского бассейна Баварии

3.13 **В. Н. Михайлов, В.Н. Морозов, Россия** 297
Гидрологические основы водного хозяйства дельты Дуная

3.14 **В. Ал. Стэнеску, Румыния** 303
Пространственно-временный анализ пиковых стоков паводков в гидрографическом бассейне Дуная

3.15 **М. Генев, Болгария** 311
Анализ внутрирядных структур для целей прогнозирования

3.16 **Ю. В. Горбунов, А. А. Добровольский, Б. В. Фащевский, А.М. Владимиров, Россия** 319
Использование гидрологических прогнозов для планирования эколого-водохозяйственного управления крупными речными системами

3.17 **К. Бондар, Румыния** 321
Тенденция и цикличность годового стока воды на Дунае у входа в дельту Дуная

Доклады по Теме 4: Использование современных методов обработки данных для рационализации и повышения производительности в гидрологии и водном озяйстве 327

4.1 **П. Юкель, Х. Сагер, Германия** 329
Информационная система Баварского управления по водному хозяйству

4.2 **Р. Вицталль, Х. Штрауб, Р. Хертель, Германия** 353
Информационные системы водного хозяйства КИВИ в Баден-Вюртемберге

4.3 **А.А. Семенов, Россия** 367
Создание автоматизированной информационной системы о режиме рек бассейна р. Дунай

4.4 **Х. Бергманн, Б. Закль, В. Васвари, Австрия** 373
Создание банка данных по паводковым событиям

4.5 **А, Кроне, М. Шрамм, Германия** 373
Регионализация расчетных паводковых пиков использованием ГИСа (геологической информационной системы)

Доклады по Теме 5: Результат возможных климатических изменений и антропогенных воздействий,изменение отдельных гидролого-метеорологических зелементов и их влияние на гидрологический режим и водное хозяйство 387

5.1 **О. Бер, Австрия** 389
Многолетние колебания осадков в Дунайском бассейне

5.2 **Б. Хаёс, М. Братан, Венгрия** 402
Зарегулирование водных уровней в озере Балатон

5.3 **А. Силадьи, Венгрия** 411
Исследование наблюдаемого понижения уровня воды реки Дунай на участке Соб Дунафельдвар

Страница

5.4 **Х. Шиллер, Германия** 415
Водный баланс немецкой части Дунайского бассейна за годовой ряд с 1901 по 1990 гг.

5.5 **А. Свобода, И. Кунш, К. Хайташова, ЧСФР** 423
Паводок реки Дунай от августа 1991 г. и его про ход через участок реки под влиянием гидроузла Габчиково

5.6 **Е. Кальмар, Венгрия** 429
Влияние климатических и антропогенных факторов на изменение уровня грунтовых вод с точки зрения агрометеорологии

5.7 **М. Брезник, Словения** 439
Повышение появления паводков на Дунае и его притоках в связи с регулированием стока и строительством подпорных сооружений гидростанций

5.8 **М. Чизова, ЧСФР** 447
Влияние антропогенной деятельности на гидрологический прогноз

5.9 **В. П. Демидов, России** 453
Исследование возможного влияния хозяйственной деятельности на формирование ливневого стока рек Закарпатья

5.10 **А. В. Яцык, А. М. Петрук, Украина** 459
Нормирование и системный подход к определению антропогенной нагрузки бассейнов рек

5.11 **П. А. Назаров, Россия** 465
Оценки гидрологических последствий возможных климатических и антропогенных изменений бассейнов рек Украинского полесья

5.12 **И. А. Шикломанов, В. Ю. Георгиевский, Россия** 471
Проблемы влияния антропогенных изменений климата на гидрологические характеристики и водное хозяйство

5.13 **В. И. Бабкин, Т. Е. Григоркина, А. П. Постников, Россия** 479
Влияние возможных антропогенных изменений климата на годовой сток рек Европейской части СНГ

5.14 **Й. Яворский, Польша** 485
Влияние возможных климатических изменений на гидрологические процессы в одном водосборном бассейне

5.15 **Х. Квенцель, Германия** 491
Антропогенное изменение климата - региональная Баварская программа климатических исследований

5.16 **К. Вилькс, П. Крахе, Германия** 497
Влияние климатических изменений на режим стока крупных водосборов

5.17 **О. Боначи, З. Тадич, Д. Тринич, Хорватия** 499
Изменения гидрологического режима нижнего течения реки Драва в Хорватии

Доклады по Теме 6: Термический и ледовый режим 507

6.1 **А. Станчикова, ЧСФР** 509
Термический и ледовый режим Дуная и его важнейших притоков

6.2 **Б. М. Гинзбург, К. П. Полякова, России** 517
Вековые изменения стоков появлений льда на реках

6.3 **Л. Мурин, ЧСФР** 525
Расчеты расходов воды при наличии ледовых явлений

6.4 **В. А. Бузин, С. В. Шапочкин, Россия** 531
Повышение надежности и оценка точности ледовых прогнозов, основанных на статистических зависимостях

6.5 **Е. Й. Дейзенхофер, Германия** 537
Термический режим немецкого участка Дуная

		Страница
6.6	**М. Генев, Л. Крыстев, Болгария** О ледовом режиме Дуная на Болгарском участке	543
Доклады по Теме 7:	**Проблемы твердого стока**	553
7.1	**Л. Ракочи, Венгрия** Режим взвешенных и влекомых наносов реки Дунай и её важнейших притоков	555
7.2	**Ш. Р. Поздняков, Россия** Исследования характеристик транспорта наносов крупной реки	565
7.3	**Б. Ф. Снищенко, А.Б.Шмидченко, Россия** Структурный и бесструктурный подходы в оценке расхода наносов	571
7.4	**Ф. Х. Вайс, Х. Кортманн, Германия** Режим твердого стока и управление твердыми наносами в немецкой части Дунайского бассейна	579
7.5	**Й. Келлерманн, Б. Зёнтген, Г. Лон, Германия** Достоверность расчетных эрозионных глубин Дуная на участке от г. Штраубинг до г. Вильсхофен	589
7.6	**М. Феттер, Х. Энгель, Германия** Отложение и смыв наносов в подпертом бьефе Дунайской гидроэлектростанции Йохенштейн	591
7.7	**М. Бачик, Й. Тополска, М. Лукач, ЧСФР** Прогноз морфологических изменений в старом русле Дуная после введения в эксплоатацию гидростанции Габчиково	599
7.8	**Э. Кунусович, А. Ходжич, Югославия** Влияние водохранилища ГЕС Мратинье к изменению режима транспорта взвешенных наносов на профиле ВС Фоча-Мост на реке Дрина	607
7.9	**В. Ф. Полонский, П.С. Гранич, А.В. Сафронова, Россия** Математическая модель развивающихся систем водотоков дельты Дуная	617
7.10	**Ф. Х. Вайс, Германия** Режим твердого стока и управление твердыми наносами в немецкой части Дунайского бассейна (представление плакатов)	623
Доклады по Теме 8:	**Основные аспекты качества воды и состояние водотоков**	625
8.1	**Р. Антонеу, Румыния** Сотрудничество придунайских стран в области определения состояния водотоков в рамках Бухарестской декларации	627
8.2	**Р. Петрович, ЧСФР** Проблематика "химических бомб замедленного действия" в Дунайском бассейне	629
8.3	**М. М. Вавельский, П. И. Дедю, Молдова** Поверхностный сток - источник загрязнения водных объектов	631
8.4	**А. А. Созинов и др., Украина** Комплексная оценка и классификация качества воды р. Дунай	639
8.5	**Б. В. Фащевский, Республика Беларусь** Экологические проблемы допустимых изменений водного режима рек и некоторые аспекты управления речными системами	645
8.6	**М. Т. Цан, Й. Биттерзоль, Х. Сагер, Германия** Отложение веществ из атмосферы - как коэффициент нагрузки водоемов	651
8.7	**Е. Бах, Германия** Сток питательных веществ в Баварском участке Дуная	659

Страница

8.8 **Р. Шмид, Германия** 667
Лимнологические условия в Баварском участке Дуная и их важнейших притоках
- основательные Дунайские исследования

8.9 **А. Титтицер, Х. Лойхс, М. Баннинг, Германия** 669
О структуре и динамике развития бентальной фауны на Дунае на участке от г. Кельхейм до г. Йохенштейн

8.10 **Б. Хок, Венгрия** 677
Венгрия - страна с транзитным стоком

8.11 **М. Махкова, К. Н. Цанков, Д. Димитров, В. Великов, Болгария** 685
Анализ гидрохимического режима поверхностных и подземных вод в Болгарской части Дунайского бассейна

8.12 **К.Н. Цанков, Болгария, Н.Н.Л. Бюнжа, Нидерланды** 693
Загрязнение р. Дунай в продольном профиле Болгарского участка

9. Дополнительные доклады

9.1 **Б. Новани, Румыния** 701
Влияние антропогенных факторов на ландшафты нижнего течения Дуная между Железными Воротами и Сулиной

Themenbereich 4
Тема 4

Einsatz moderner Systeme der Datenverarbeitung zur Rationalisierung und Leistungssteigerung in der Hydrologie und Wasserwirtschaft

Использование современных методов обработки данных для рационализации и повышения производительности в гидрологии и водном хозяйстве

4.1

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen

Kehlheim, 18. - 22. Mai 1992

Hydrologie und Wasserwirtschaft im Donauraum als Grundlagen für eine ökologische und sozio-ökonomisch nachhhaltige Weiterentwicklung

Themenbereich 4:

Einsatz moderner Systeme der Datenverarbeitung zur Rationalisierung und Leistungssteigerung in der Hydrologie und Wasserwirtschaft.

Sager/Juckel

Die elektronische Datenverarbeitung in der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung

1 ZEITLICHE ENTWICKLUNG

Die Bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung besteht seit Mitte des vorigen Jahrhunderts. Mit den Wassergesetzen von 1852 sind "Kulturbautechniker", d.h. Wasserbauingenieure erstmals als Bedienstete des Staates eingesetzt worden. Den Schwerpunkt bildete die Bautätigkeit an den Gewässern. Doch hat sich aus der von Bauingenieuren dominierten Wasserwirtschaftsverwaltung mit dem Anwachsen der vielfältigen Aufgaben eine Verwaltung entwikkelt, in der jetzt Bauingenieure, Geologen, Chemiker und Biologen gleichrangig interdisziplinär tätig sind.

Gleichzeitig mit dem Aufgabenzuwachs, insbesondere im letzten Drittel des Jahrhunderts, war auch der Einsatz moderner Systeme zur Verarbeitung der Fülle von Daten für die Grundlagenarbeit und die Überwachung der Gewässerbenutzungen notwendig geworden. So hat die elektronische Datenverarbeitung in der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung Mitte der 60er Jahre mit der Erfassung der Grundwasserstandsdaten auf Lochkarten ihren Anfang genommen. Ab 1977 wurde versucht, die sich entwickelnden DV-Anwendungen in eine Datenbanklösung einzubeziehen, damals noch unter Nutzung des Rechenzentrums des damaligen Bayer. Landesamtes für Statistik. Im Jahre 1978 wurde der erste Rechner der Fa. Digital Equipment (DEC) am Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW) installiert. Im Laufe der Jahre entwickelte sich die heute verfügbare, leistungsfähige Rechenzentrale des LfW mit der "Datenbank Wasserwirtschaft" (DBWas), die über ein großes Angebot an Anwendungen für alle Teilbereiche der Wasserwirtschaftsverwaltung verfügt. Folgende Vorteile haben zu dieser Entwicklung beigetragen:

- Möglichkeit des Aufbaus umfangreicher Datensammlungen einschließlich Gewährleistung steter Vefügbarkeit, Konsistenz, Sicherheit und Datenschutz
- schnellere Erledigung von Dienstaufgaben durch Automatisierung und Standardisierung
- bessere Darstellungsmöglichkeiten der Arbeitsergebnisse durch Visualisierung und flexible Gestaltung
- Erleichterung von Querschnittsaufgaben, z.B. im Schreibdienst, Personalverwaltung und der Verwaltung von Haushaltsmitteln

- Möglichkeit der Echtzeitverarbeitung von Daten (autom. Meßnetz)
- Ermöglichung von Aufgaben, die ohne DV überhaupt nicht gelöst werden könnten, z.-B. flexible Verknüpfung von Daten, Durchführung von Simulationsrechnungen durch den Einsatz mathematischer Modelle.

Dazu müssen die DV und ihre Komponenten (Daten, Hardware, Software) anwenderbezogen und anwenderfreundlich sein, integrierte Lösungen unterstützen und einheitliche, flexible und zukunftsorientierte Wege aufzeigen.

Gegenwärtig wird versucht, daraus ein einheitlich strukturiertes und die Verknüpfbarkeit gewährleistendes Informationssystem Wasserwirtschaft (Info-Was) zu konzipieren und damit eine neue Qualität der DV-Unterstützung zu etablieren. Um angesichts der rasanten technischen Entwicklung auf diese Anforderungen vorbereitet zu sein, wurde vom LfW auch eine Fortschreibung des DV-Konzeptes der Wasserwirtschaftsverwaltung in Angriff genommen.

2 REGELUNGEN FÜR DIE INFORMATIONSVERARBEITUNG

In der Wasserwirtschaftsverwaltung in Bayern haben sich für die Informationsverarbeitung allgemein geltende Regelungen entwickelt, die zu einer klaren Aufgabenverteilung beitragen. Deren wichtigste sind:

- Gewinnen, Sammeln, Prüfen und Eingeben aller wasserwirtschaftlichen Fachdaten (von wenigen Ausnahmen abgesehen) ist Aufgabe der Wasserwirtschaftsämter (WWA). Dafür sind besondere Zugriffsberechtigungen ausgestellt. Unberechtigte Bedienstete dürfen keine Daten eingeben, korrigieren oder löschen. Für die Richtigkeit der Daten ist jeweils die Stelle verantwortlich, die sie eingibt.
- Die Regierungen (Reg) und das LfW haben in erster Linie prüfende Funktionen; das LfW insbesondere nur dann, wenn es sich um übergebietlich bedeutsame Daten handelt.
- Die fachliche Verwaltung der Datensammlungen erfolgt durch die WWA, dazu zählen auch die übergebietlich bedeutsamen Datenbestände, soweit

sie von den WWA gewonnen werden (Ausnahmen z.B. Meßnetz Radiologie durch das LfW).

- Gegenwärtig sind die **Fachdaten** der Wasserwirtschaftsverwaltung zentral am LfW gespeichert. Diese zentrale Datenhaltung geht einher mit geringerem organisatorischen, technischen und personellen Aufwand. Die Nutzung der zentral gespeicherten Daten kann jedoch auch dezentral erfolgen. Sie stehen den Sachbearbeitern grundsätzlich insgesamt offen.
- In der Wasserwirtschaftsverwaltung werden auch **raumbezogene Daten** verarbeitet. Hierbei handelt es sich einerseits um Fremddaten, hauptsächlich von der Landesvermessung (digitale Karten) und andererseits um eigene wasserwirtschaftliche geographische Daten (z.B. die Grenzen der Wasserschutzgebiete). Im Gegensatz zu den Fachdaten können die raumbezogenen Daten wegen der enormen Datenfülle nicht vollständig zentral am LfW gespeichert werden, aber sie werden zentral vom LfW beschafft.
- Für ein Objekt gibt es nur einen gültigen Datenbestand. Aus arbeitstechnischen Gründen (Rechnerbelastung, Übertragungsdauer, Handhabbarkeit usw.) ist oftmals ein Abzug von der Originaldatei in Form einer Dateikopie erforderlich. Bei der dabei praktizierten **Mehrfachspeicherung** ist es notwendig, daß jede Kopie mit dem Aktualitätsstand versehen wird, um sicherzustellen, daß nach diesem Datum auf der Mutterdatei durchgeführte Veränderungen erkennbar sind. Diese Kopien dürfen nicht eigenständig gepflegt werden; der jeweils gültige Datenbestand ist die Muttedatei im Zentralrechner des LfW.
- Die Aufgaben und die dazugehörigen **Fachanwendungen** werden soweit als möglich standardisiert, soweit nicht eine spezielle fachspezifische Bearbeitung notwendig wird. Auf dem Markt verfügbare Software wird bevorzugt gegenüber aufwendigen Programmentwicklungen.
- Das LfW bestellt im Rahmen von Sammelaufträgen die notwendige **Hardwareausstattung** für die gesamte Bayer. Wasserwirtschaftsverwaltung. Um eine einheitliche und kompatible Ausstattung zu gewährleisten, werden die Fabrikate vom LfW ausgewählt. Es wurde dazu eine DV-Standardkonfiguration erstellt, die laufend neuen Erfordernissen angepaßt wird.
- Die Aufgabe der **Koordinierung** im DV-Bereich ist im vollen Umfang dem LfW zugewiesen. Sie gliedert sich in einen fachlichen und einen DV-technischen Bereich.

3 GERÄTEAUSSTATTUNG

Mit der heutigen leistungsfähigen Geräteausstattung in der Wasserwirtschaftsverwaltung sind Fakten geschaffen; sie ist die Grundlage für den weiteren Ausbau der DV. Die Entwicklung geht dahin, heterogene Systeme miteinander zu verbinden. Hierdurch bleiben getätigte Investitionen erhalten, auch kann auf unterschiedliche Anforderungen flexibel reagiert werden. Maßstab für den Einsatz neuer Technologien ist der Grad der Integrationsfähigkeit in die bestehende DV-Welt.

3.1 Rechnerausrüstung

In der DV des LfW sind gegenwärtig eine VAX 8530, eine VAX 6320 und eine VAX 4000-200 installiert. Dabei werden auf den beiden großen Rechnern VAX 8530 und VAX 6320 die Datenbanken DBWas und WAL betrieben. Die VAX 4000-200 wird für die Programmentwicklung eingesetzt. Die Rechner VAX 8530 und VAX 6320 sind zu einem CI-Cluster zusammengebunden. Am Cluster sind derzeit 23 Plattenlaufwerke mit einer Gesamtkapazität von 19 GByte angeschlossen. Aus Sicherheitsgründen, aber auch um den Zugriff auf die Daten zu beschleunigen, werden fast alle Daten doppelt vorgehalten (Shadowing). Dadurch reduziert sich die effektiv nutzbare Plattenkapazität auf ca. 12 GByte.

Die Arbeitsplatzausstattung mit Bildschirm und Anschluß an die DBWas ist weit fortgeschritten. Am LfW mit 516 Mitarbeitern (Stand 01.01.1992) sind 183 VAX-Terminals und rd. 100 PC's vorhanden. Dazu kommen noch die weiteren Peripheriegeräte wie Drucker, Terminalserver, Multiplexer u.a..

Gegenwärtig sind die Rechner in der zentralen DV am LfW überlastet. Um eine akzeptable Verarbeitungsgeschwindigkeit zu gewährleisten und um die zukünftigen, wesentlich erweiterten Anforderungen zu bewältigen, muß der Rechner VAX 8530 durch einen Rechner der leistungsfähigen und zukunftsträchtigen Rechnerfamilie VAX 9000 ersetzt werden. Durch die Einbindung dieses Rechners in das Cluster des LfW wird die vierfache Leistung erreicht.

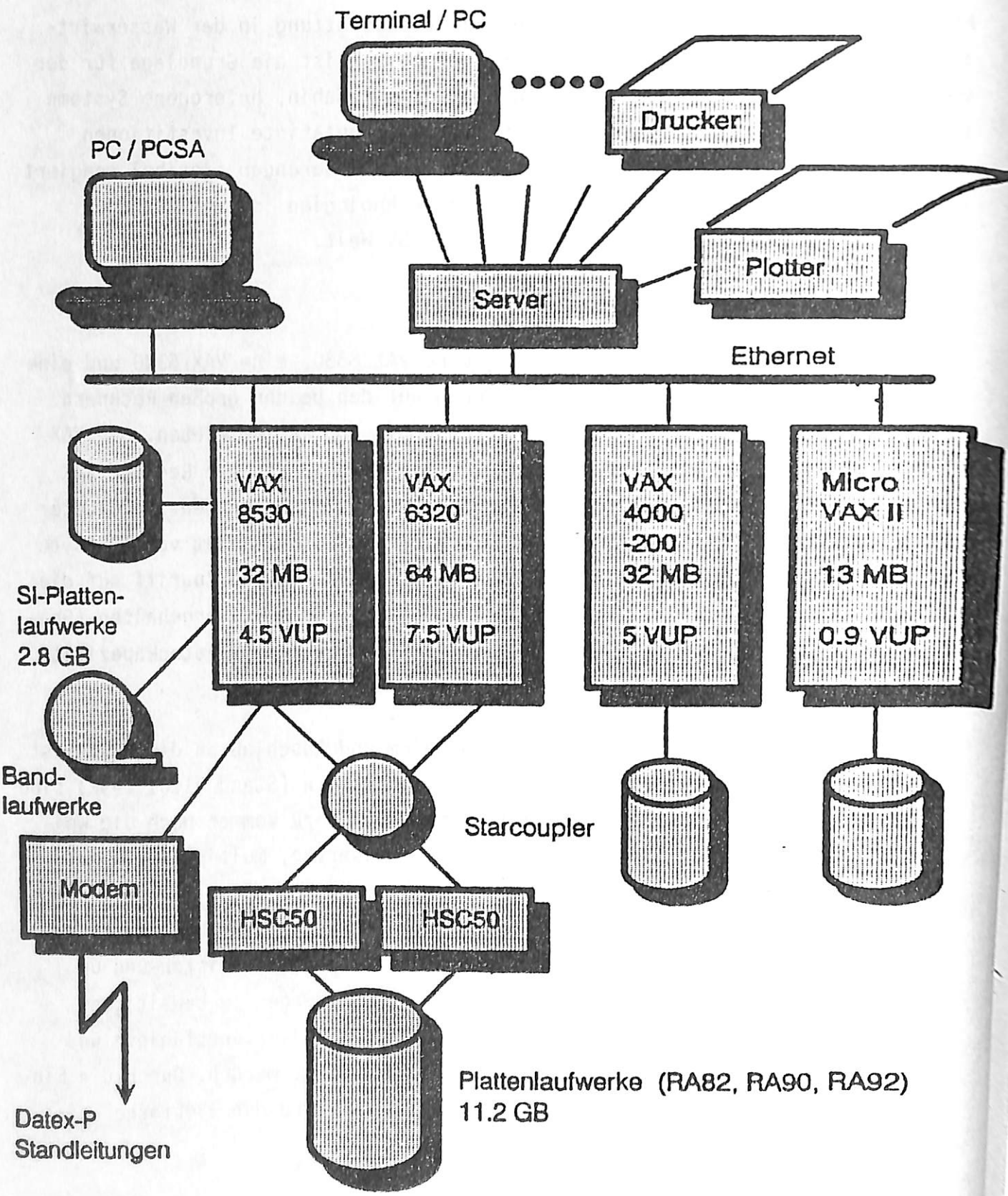


Abb. 1: Ausstattung des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft Stand: 08.04.199

Für das Pilotvorhaben Geographisches Informationssystem ist ein Local Area Vax Cluster (LAVC) installierit. Im LAVC sind eine MicroVAX 3400 und 3 VAXstations 3100 mit einer Plattenkapazität von insgesamt 2,8 GByte zusammengefaßt.

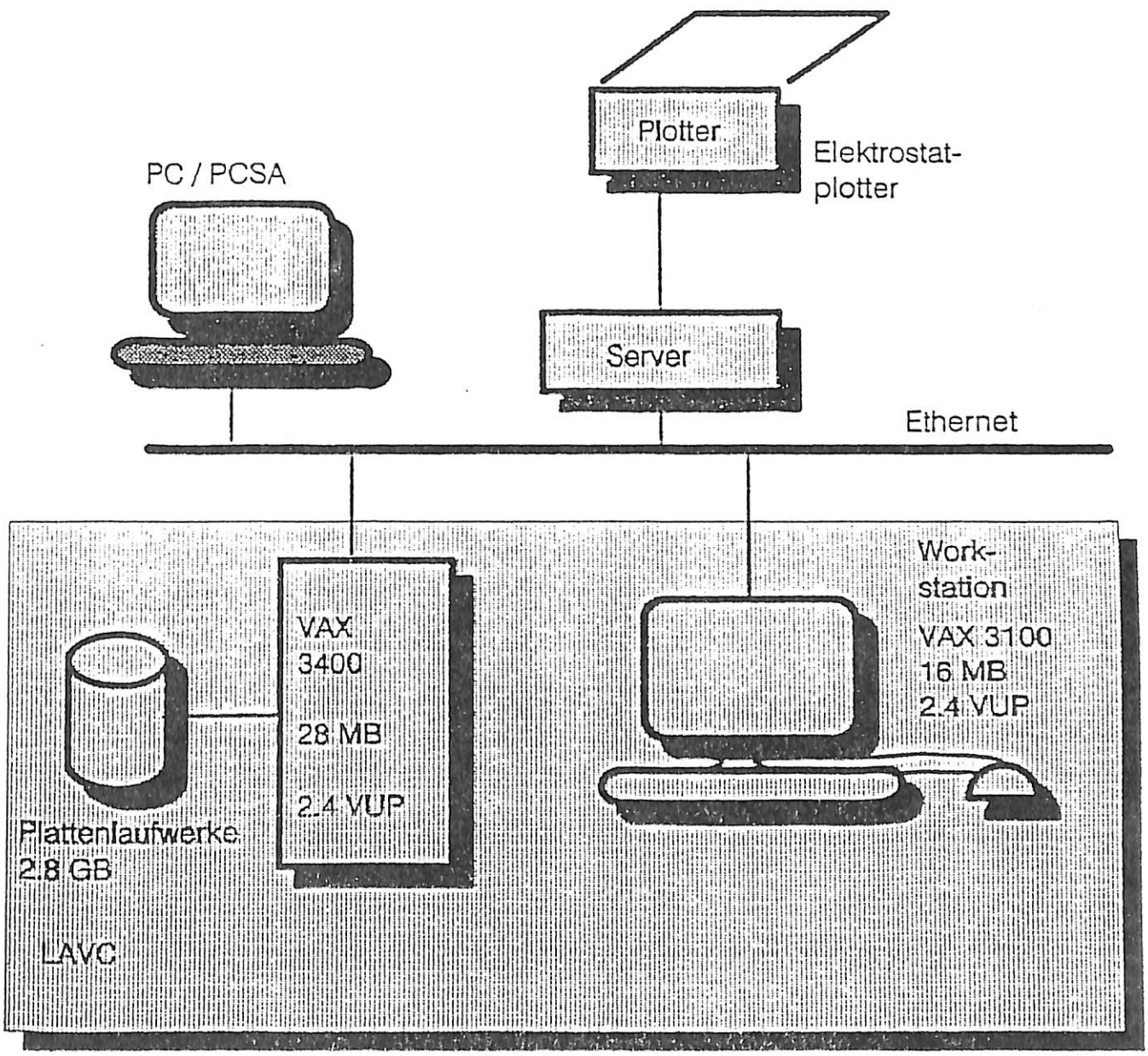


Abb. 2: Ausstattung des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft

Geographisches Informationssystem (GIS) Stand:08.04.1992

An den WWA's sind insgesamt 27 MicroVAX II Rechner, an der OBB eine leistungsfähigere MicroVAX 3400 eingesetzt. Die Ausstattung erfolgte in den Jahren 1985 bis 1988. An den Ämtern sind Plattenkapazitäten zwischen 750 und 1.200 MByte installiert. Eine Beschreibung der Konfiguration ist in Abb. 3 dargestellt. Diese Ausstattung ist zwar gegenwärtig noch ausreichend, dennoch muß eine Ersatzbeschaffung für die WWA's vorausgeplant werden.

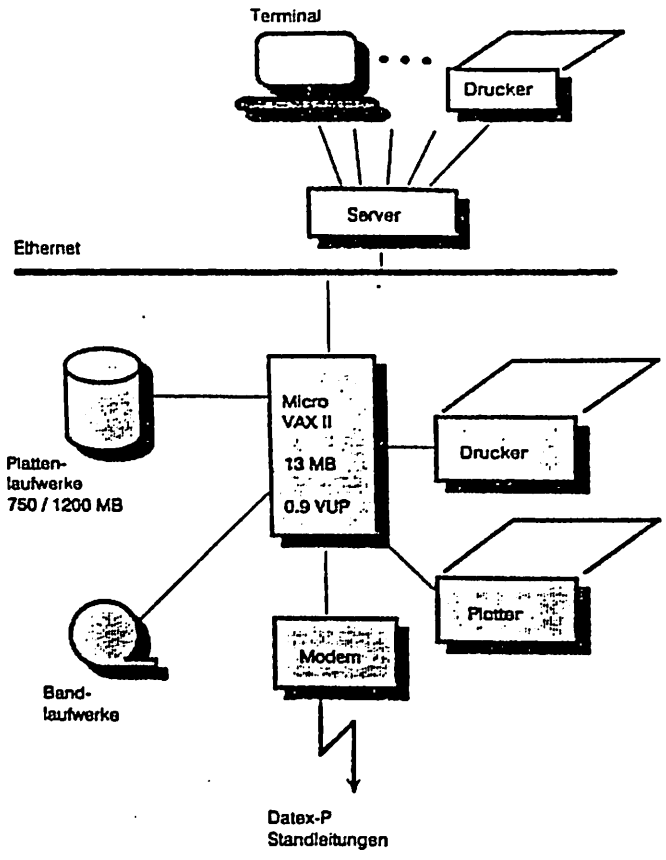


Abb. 3: Ausstattung Wasserwirtschaftsamt Stand: 20.01.1992

3.2 Einsatz von PC's und Workstations

In der Wasserwirtschaftsverwaltung werden derzeit zunehmend auch PC's eingesetzt, Workstations sind nur im Bereich der Pilotvorhaben Geographische Informationsverarbeitung vorhanden.

Der Einsatz von PC's und Workstations
bildet keine Konkurrenz zur Rechenzentrale, vielmehr ergibt sich hierdurch eine Abrundung des DV-Angebots der Wasserwirtschaftsverwaltung.

Der PC erschließt neue Möglichkeiten der individuellen Datenverarbeitung; es ergeben sich folgende **Vorteile:**

- umfangreiches Angebot anwenderfreundlicher und ausgereifter Programme
- günstiges Preis-/Leistungsverhältnis
- bei Bedarf unabhängiges Arbeiten von der zentralen DV
- Betriebssicherheit.

Beim PC-Einsatz ergeben sich aber auch **Nachteile** und **Probleme:**

- Gefahr einer unkontrollierten Dezentralisierung durch die Möglichkeit zur individuellen Datenhaltung
- Probleme des Datenschutzes und der Datensicherung
- Notwendigkeit eines individuellen Systemmanagements
- höherer Betreuungsaufwand
- Ausstattung und Lizenzierung von Software
- Virenproblematik.

Bei der Einbindung der PC's in die zentrale DV kann ein großer Teil der genannten Nachteile vermieden werden, wenn der PC als VAX-Terminal genutzt wird und dadurch ein Dateientransfer in beiden Richtungen durchgeführt werden kann. Auch kann der PC, mit einem speziellen Adapter (DEPCA-karte) ausgestattet, als eigenständiger Rechner am Verbund teilhaben. Voraussetzung für diese komforttable Lösung ist die Verfügbarkeit eines Ethernet-Anschlusses am Arbeitsplatz. Hierdurch ergeben sich zusätzlich folgende Möglichkeiten:

- schnellere Kommunikation
- Möglichkeit der Datenspeicherung durch die zentrale DV
- Bereitstellung von Peripheriegeräten der VAX wie Drucker und Plotter
- gemeinsamer Zugriff von PC's auf Daten, die auf VAX-Platten gespeichert sind
- zentrale Anwenderunterstützung, indem z.B. Installationen und Pflege von Software zentral auf den VAX-Platten durchgeführt werden können.

Durch die Einbindung der PC's wird einer unkontrollierten Dezentralisierung der DV vorgebeugt.

3.3 Netzwerk

Neben den Rechnern stellt das Netzwerk einen wesentlichen Faktor für die Bereitstellung von DV-Kapazität am Arbeitsplatz dar. Dabei sind Kommunikationswege sowohl innerhalb einer Stelle (OBB, LfW, WWA) im Local Area Netzwork (LAN) als auch zur Verbindung verschiedener Stellen im Wide Area Netzwork (WAN) untereinander erforderlich.

Die lokalen Netzwerke (**LAN**) sind am LfW, und soweit schon an den WWA's eingerichtet, durch **Ethernet** realisiert. Derzeit gibt es bei allen lokalen Netzwerken keine Engpässe, so daß die Anbindung weiterer Stationen (VAX-Rechner, PC's, Workstations, X-Window-Terminals, Terminal- und Netzwerk-Server) möglich ist. Bei der Planung der LAN an den WWA müssen die Gebäudestruktur, die zukünftige Verteilung der DV-Arbeitsplätze im WWA und die technischen Randbedingungen der Netzwerktopologie berücksichtigt werden. Hierfür bietet das LfW fachliche Unterstützung an.

Im **WAN** der Wasserwirtschaftsverwaltung sind die OBB, das LfW, die 7 Regierungen, 23 WWA, das Straßen- und Wasserbauamt Pfarrkirchen (SWA), das Talsperrenneubauamt Nürnberg (TNA) sowie gegenwärtig zwei Außenstellen des TNA eingebunden. Bis auf die Regierungen sind alle Behörden mit eigenen Rechnern ausgestattet und über Postleitungen (Datex-P, Direktrufleitungen, ISDN) und entsprechende Netzwerk-Software an die Rechner des LfW angeschlossen. Die Übertragungsrate der DATEX-P Anschlüsse beträgt 9.600 Baud an den WWA's und 64.000 Baud am LfW. Die OBB ist über eine Standleitung mit der Übertragungsrate von 19.200 Baud an das LfW angebunden.

Das Rechnernetz der Wasserwirtschaftsverwaltung bildet innerhalb des Datex-P-Netzes eine abgeschlossene Benutzergruppe, zu der von anderen Datex-P-Teilnehmern keine Verbindung aufgebaut werden kann. Damit kann ein unberechtigter Zugang zum Rechnerverbund der Wasserwirtschaftsverwaltung ausgeschlossen werden. Dagegen können Verbindungen nach außen aufgebaut werden. Das Netzwerk ist offen angelegt und jederzeit ausbaufähig.

3.4 Systemnahe Software

Die VAX-Rechner werden unter dem Betriebssystem VMS eingesetzt. Die PC's benutzen das Betriebssystem MS-DOS.

VMS ist ein von der Fa. DEC entwickeltes, komfortables und leistungsfähiges Betriebssystem für Mehrbenutzer- und Mehrprogrammbetrieb, welches sich z.B. durch einen hohen Sicherheitsstandard, vielfältige Programmiertools und Clusterbildung auszeichnet. VMS ist nur auf VAX-Rechner einsetzbar.
MS-DOS ist das Betriebssystem, das für PC's am weitesten verbreitet ist. Es wurde von der Microsoft Corporation entwickelt. Es ist nur für den Betrieb als Einsatzplatzsystem vorgesehen. Die meisten preiswerten Standardanwendungen bauen auf MS-DOS auf. Mit MS-Windows steht eine sehr komfortable Benutzeroberfläche zur Verfügung, die zudem wesentliche Beschränkungen des Betriebssystems überwindet.

Die Belange der Wasserwirtschaftsverwaltung werden gegenwärtig von VMS abgedeckt. Ob eine Integration von zusätzlichen UNIX-Rechnern in die bestehende VMS-Welt der Wasserwirtschaftsverwaltung notwendig wird, soll im Zusammenhang mit der Konzipierung des INFO-WAS überprüft werden.

3.5 Datenbanksoftware

Mit **ADABAS** der Fa. Software AG ist in der Wasserwirtschaftsverwaltung seit langem eine Datenbankverwaltungssoftware eingeführt, die sich im Rahmen der bisherigen Anforderungen bewährt hat. Die Existenz dieser Datenbank in der Wasserwirtschaftsverwaltung ist ebenso Faktum wie die Hardwareausstattung. Des weiteren ist ADABAS in der öffentlichen Verwaltung vielfach eingesetzt. Allerdings ist eine Integration mit Standardanwendungssoftware kaum möglich, da praktisch jedes Standardprogramm den Zugriff auf Datenbanken durch die DB Software SQL realisiert, wofür ADABAS keine Schnittstellen bietet.

Mit **NATURAL** kann eine einfach zu handhabende Programmiersprache der 4. Generation eingesetzt werden. In der Hand des erfahrenen Programmierers

stellt NATURAL in Verbindung mit dem Maskengenerator MAP eine leistungsfähige und wirtschaftliche Möglichkeit zur Erstellung transaktionsorientierter Dialogsysteme dar. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß die Anforderungen an DV-Verständnis und Programmierlogik auch bei NATURAL so hoch liegen, daß trotz eines beträchtlichen Schulungsaufwands heute nur ein Teil der Endbenutzer in der Lage ist umfangreichere NATURAL-Abfragen zu erstellen.

3.6 Software für den Rechnerverbund

Es gibt Anwendungen, bei denen Programme und Daten auf verschiedenen Knoten des Rechnerverbundes verteilt sind. Ist die Verbindung der Knoten nicht durch eine schnelle Ethernet-Verbindung sondern mittels einer langsameren Datex-P-Leitung realisiert, muß der Datentransfer aus Kosten- und Zeitgründen minimiert werden. Die auf die Daten zugreifenden Programme sind sowohl zentral am LfW als auch dezentral an den WWA's installiert. Die zentral installierten Programme können die Anwender an den WWA's nutzen, indem sie sich mit ihren Bildschirmen über die Datex-P-Leitung Zugang zur DV am LfW verschaffen. Dieses Vorgehen ist dann sinnvoll, wenn Programme viele und umfangreiche Datenbankzugriffe erfordern oder die Datenmenge auf der Benutzeroberfläche gering ist. Nur die Daten der Bildschirmeingabe und -ausgabe werden im Netzwerk übertragen. Für die langwierigen und komplexen Dateneingaben des Anwenders sind die Programme wegen der langen Antwortzeiten dezentral beim Anwender installiert. Dies gilt für fast alle Anwendungen in der Wasserwirtschaftsverwaltung. Die Programme greifen über das Netz auf die Datenbank am LfW zu. Alle zwischen der Datenbank und dem Programm ausgetauschten Daten werden bei diesem Vorgehen im Netzwerk übertragen.

4 DATENBANK WASSERWIRTSCHAFT (DBWas)

Die derzeit in der DBWas vorhandenen Fachdateien sind in verschiedene Programmpakete zusammengefaßt, die im Laufe der Jahre für die einzelnen Aufgabengebiete entstanden sind, zumeist initiiert zur besseren Aufgaben-

abwicklung von den jeweiligen Sachgebieten des LfW. Sie stellen für sich Einzellösungen dar, die nur eine geringe Durchgängigkeit zu Programmpaketen anderer Fachdateien aufweisen. Die vorhandenen Fachdateien in der DB Was haben in etwa den gleichen Standard.

Die Daten werden entweder als Einzelmeßwerte, über Schreibgeräte oder in digitaler Form gewonnen, nach einheitlichen Grundsätzen geprüft und i.d.R. von Hand in die DB Was eingegeben. Dort werden sie spezifisch nach Aufgabengebieten aufbereitet und stehen dann auf Abruf für die verschiedensten Auswertungen zur Verfügung.

Derzeit befinden sich folgende Fachdateien mit vielfältigen Anwendungen in der DB Was (Stand März 1992):

Aufgabengebiete:

- **Grundwasserwirtschaft und Wasserversorgung**
  Fachdatei Fachplanung Wasserversorgung
  Fachdatei Grund-/Trinkwasserbeschaffenheit

- **Grundwasserschutz**
  Fachdatei Abfallanlagen / Altlasten
  Fachdatei Umgang mit Wassergefährdenden Stoffen
  Fachdatei sonstige Anlagen / Benutzungen

- **Schutz der oberirdischen Gewässer und Abwasserentsorgung**
  Fachdatei Fachplanung Gewässergütewirtschaft
  Fachdatei Abwasseranlagen

- **Nichtstaatlicher Wasserbau, Staatlicher Wasserbau, Staatliche Betriebe**
  Fachdatei Wasserbauliche Anlagen
  Fachdatei Wasserverkehrsanlagen
  Fachdatei Wasserbautechnik
  Fachdatei Wasserwirtschaft im ländlichen Raum / Bergland
  Fachdatei Landespflege
  Fachdatei Oberirdische Gewässer und Gewässeranlagen

- **Grundlagen der Wasserwirtschaft, Hydrologie**
  Fachdatei Meßstellen
  Fachdatei Hydrogeologie
  Fachdatei Umwelt- Radioaktivität
  Fachdatei Wasserwirtschaft Gebiete
  Fachdatei allemeine geographische Unterlagen
  Fachdatei Gewässergüte, Biologie
  Fachdatei Morphologie der Gewässer

5 ANGESTREBTE ENTWICKLUNG

Das LfW ist deshalb seitens der OBB beauftragt worden, das bisherige DV-Konzept unter Einschluß von Überlegungen für ein Geographisches Informationssystem (GIS) zu überarbeiten. Der Überarbeitung liegt die Zielvorstellung zugrunde, nach der die Aufgabenbearbeitung soweit durch die DV unterstützt werden soll, daß sie weitgehend durch Informatinen aus einem Info-Was erfolgen kann. Die pauschale fachliche Anforderung hierzu ist, eine vertikale und horizontale Durchgängigkeit zu gewährleisten, die Insellösungen und mehrmalige Erfassungen vermeiden läßt. Letztendlich sollten alle Informationen in einem Dokument zusammengeführt werden können, das aus Text, Graphik und Karte bestehen kann.

Die Forderung, nach Einbindung eines GIS zur Erstellung wasserwirtschaftlicher Themenkarten und Kataster nimmt in der Zielvorstellung einen hohen Stellenwert ein.

5.1 Abwicklung des Auftrages

Zur Erfüllung dieses Auftrages wurden mehrere Arbeitsgruppen gebildet, die sich aus Vertretern aller Aufgabengebiete und aller Behördenstufen der Wasserwirtschaftsverwaltung zusammensetzen.

In einem ersten Schritt sind der generelle Rahmen für das anstehende Projekt abgesteckt, mit der OBB abgestimmt und als **Bearbeitungsschwerpunkte** zunächst folgende Teilbereiche in Grundzügen festgelegt worden.

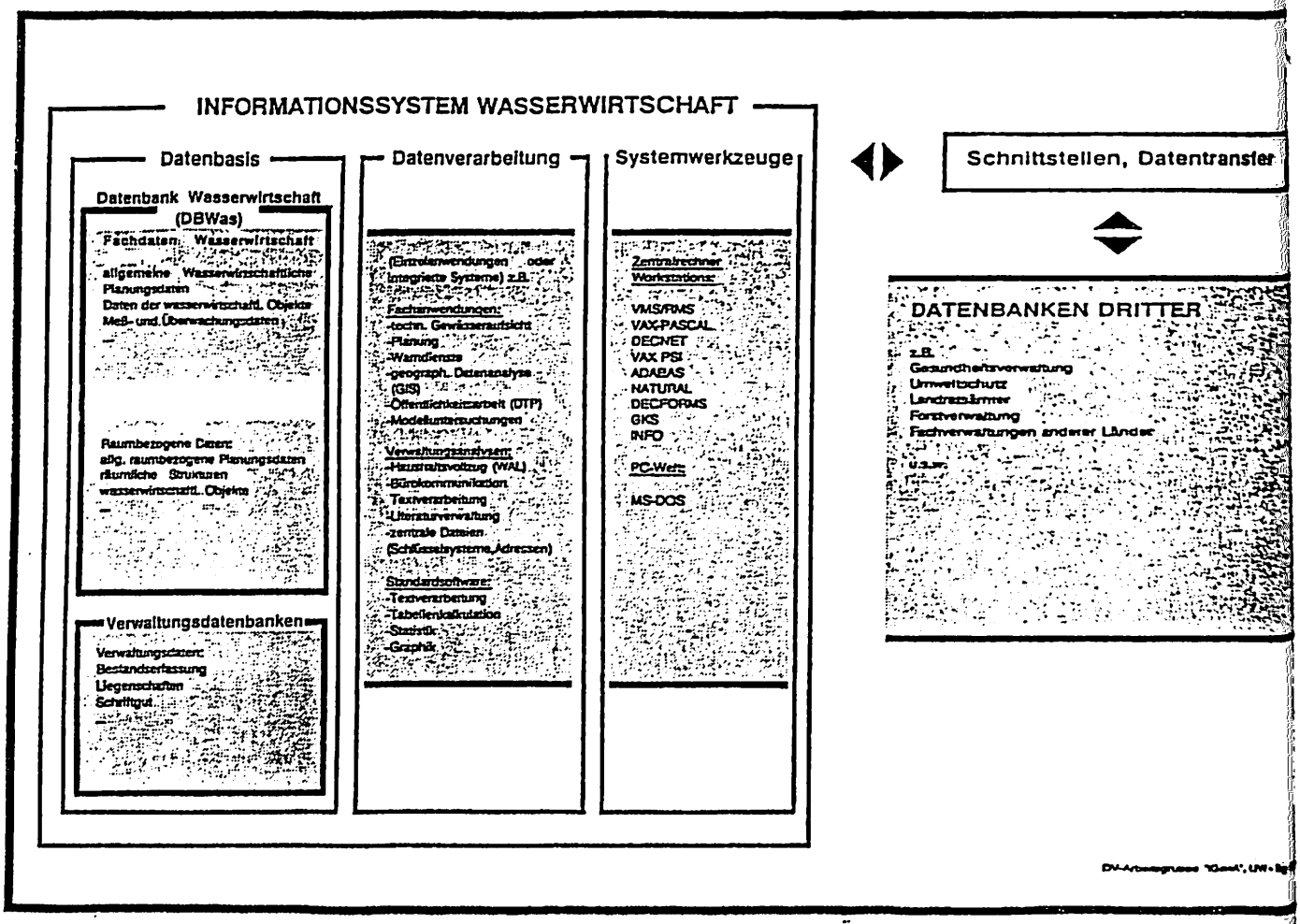
- **Aufgabenrahmen** Informationssystem Wasserwirtschaft
- **Objektgliederung** Zusammenstellung aller zu erfassenden Objekte
- **Stammdatenstruktur** Zu Datenblöcken zusammengefaßte Objektinformationen und Fachdaten
- **Meßdatenstruktur** Veränderliche Daten, Meßdaten, Überwachungsdaten
- **Programmanwendungen** Darstellung wichtiger und wiederkehrender Auswertungen aus der täglichen Praxis.

Bisher konnten im Rahmen dieser Vorgaben folgende Teilarbeiten erledigt werden:

- Strukturrahmen des Info-Was
- Fachliche Gliederung der DBWas
- Objektkatalog der DBWas
- Stammdatensatzentwürfe
- Erste allgemeine Auswertungsvorschläge für wiederkehrende Routineaufgaben.

Zusätzlich wurden Anwendungen anderer Wasserwirtschaftsverwaltungen geprüft, ob diese in der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung ebenfalls verwendet werden könnten (z.B. KIWI des Landes Baden-Württemberg, UWIS des Umweltverbandes Frankfurt).

5.2 I n f o - W a s



(Abb. 4 Informationssystem Wasserwirtschaft)

Das Info-Was wird 4 große Bereiche enthalten:

- Datenbasis,
- Datenverarbeitung,
- DV-Werkzeuge und
- Schnittstellen zum Datentransfer von und zu Datenbanken anderer Behörden

- Datenbasis

Die Datenbasis bildet den Grundstock aller Daten, die innerhalb der Wasserwirtschaftsverwaltung ständig vorhanden sind und aufgabenbezogen verarbeitet werden.

Die Datenbasis gliedert sich in 3 Blöcke:

- Fachdaten Wasserwirtschaft
- Raumbezogene Daten
- Verwaltungsdaten

- **Fachdaten Wasserwirtschaft**

Als Fachdaten der Wasserwirtschaft sind allgemeine wasserwirtschaftliche Planungsdaten und Gewässeranlagen, sowie gebietsbezogene Daten der wasserwirtschaftlichen Objekte definiert. Die Fachdaten der Wasserwirtschaft werden in der **DBWas** vorgehalten. Darin befinden sich alle wasserwirtschaftlichen Fachdaten, ohne Unterscheidung nach "kurzlebigen" Überwachungsdaten oder "langfristig" vorzuhaltenden Grund- oder Basisdaten.
Zur DBWas gehören auch alle zugehörigen raumbezogenen Daten sowie eventuelle in Planung befindlichen Objekte.

Als Grundlage für ein neues Ordnungsschema ist im **Datenkatalog zur DBWas** für den Teil **technische Gewässeraufsicht** eine detaillierte Übersicht über die zu erfassenden Objekte der technischen Gewässeraufsicht erarbeitet worden.
Es handelt sich dabei um weit mehr als 100 Objekte, die in folgende Objektbereiche gegliedert sind:

Meßstellen,
Gebiete,
Oberirdische Gewässer und zugehörige Anlagen,
Wasserversorgungsanlagen,
Abfallanlagen,
Umgang mit wassergefährdenden Stoffen,
Andere Anlagen,
Benutzungen.

Der Datenkatalog enthält dazu auch eine bis zum Feldinhalt führende Beschreibung aller notwendigen Stamm- und Meßdatensätze, womit die fachliche Gliederung der DBWas vorgegeben wurde. Die Stammdatensätze für die wasserwirtschaftlichen Objekte sind bis jetzt entsprechend ihrer Priorität unterschiedlich weit bearbeitet, stehen im wesentlichen aber bereits fest. Der Datenkatalog wird als Loseblattsammlung geführt und steht allen am Projekt Beteiligten und der gesamten Wasserwirtschaftsverwaltung zur Verfügung. Festlegungen zur Datenstruktur von zusätzlichen Daten der Fachplanung und in Planung befindlicher wasserwirtschaftlicher Maßnahmen müssen im Detail noch erarbeitet werden.

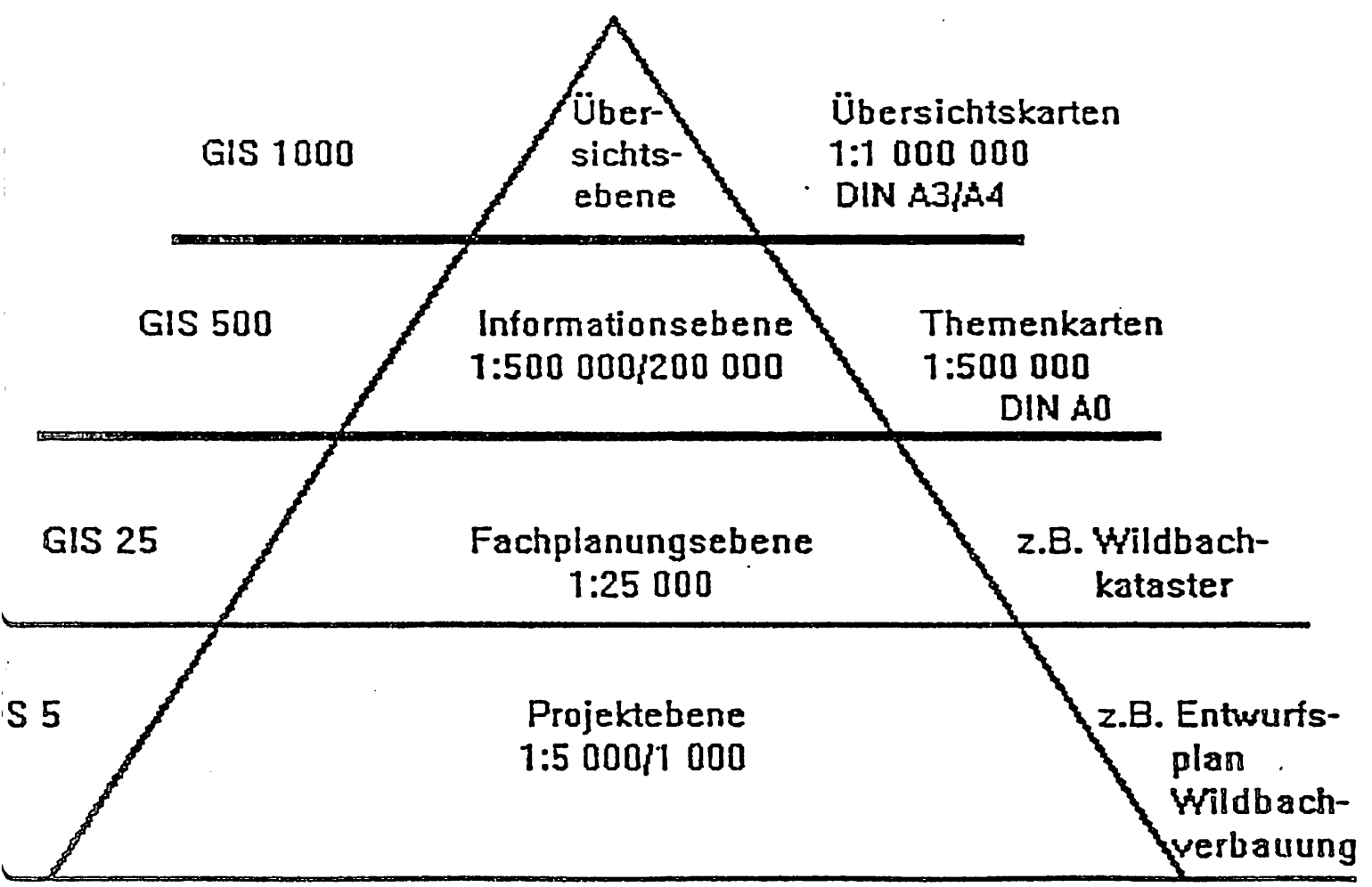
. **Raumbezogene Daten**

Hier steht die Wasserwirtschaftsverwaltung erst am Beginn einer Entwicklung. 80 - 90 % aller wasserwirtschaftlichen Objekte und insbesondere die in der tGewA zu erfassenden Daten haben Raumbezug. Eine schnelle und wirkungsvolle Präsentation von Umweltinformationen ist auf Wiedergabe und Zuordnung der räumlichen Daten und ihrer Beziehungen angewiesen; bisher erfolgte die Umsetzung entsprechender wasserwirtschaftlicher Daten in das Kartenwerk der Wasserwirtschaft zeitaufwendig von Hand. Das Kartenwerk ist auf wenige wasserwirtschaftliche Themen beschränkt. Die Karten sind zum Teil veraltet. Nun ist eine schnelle und wirksame Präsentation sowie eine wesentliche Erweiterung des Kartenwerkes geboten.

Das geeignete System zur Erfassung, Verwaltung und Weitergabe raumbezogener Informationen wird in Zukunft ein geographisches Informationssystem (GIS) sein. Die Vorteile eines im GIS verwalteten Datenbestandes sind schnelle Reproduzierbarkeit von Karten, die einfache Möglichkeit der Änderung und Ergänzung der Karten sowie die Möglichkeit der Verknüpfung verschiedener Themenkarten und wasserwirtschaftlicher Funk-

tionalitäten miteinander und zuletzt die beliebige Maßstabs- und Ausschnittswahl.

Räumliche Daten sollen nach ihrer Herkunft aus kartographischen Unterlagen sinnvoll in verschiedenen Maßstabsebenen erfaßt und verwaltet werden, wozu für drei GIS-Pilotvorhaben folgendes 4-Ebenen-Modell zur Datenerfassung und Verwaltung entwickelt wurde:



(Abb.: 5)

Der unmittelbaren Einführung eines GIS in die Wasserwirtschaftsverwaltung steht jedoch entgegen, daß die Daten für die Planungsebene M = 1 : 25000 (TK25) in digitaler Form erst im Laufe des nächsten Jahrzehntes von der Vermessungsverwaltung zur Verfügung gestellt werden können.
Die Funktionalität (Informationssystem, Planung, Modellrechnung) eines GIS für die Wasserwirtschaftsverwaltung wird in verschiedenen Pilotvorhaben untersucht (GIS-Alpen, GIS-Vils und GIS-Wasserversorgung/Grundwasserwirtschaft) und soll nach Abschluß dieser planungsbezogenen Pilotvorhaben in einem weiteren Entwicklungsvorhaben weiter erprobt und getestet werden.

. **Verwaltungsdaten**

Verwaltungsdaten sind z.T. interne Daten (z.B. Personal) oder allgemeine Daten (z.B. Schriftgut). Sie werden derzeit nur teilweise DV-unterstützt verarbeitet. In verschiedenen Aufgabengebieten ist die DV-technische Bearbeitung weit fortgeschritten (z.B. Bewirtschaftung der Haushaltsmittel für wasserwirtschafltiche Vorhaben in der Datenbank WAL). Detaillierte Ausführungen zum künftigen Inhalt dieses Blocks der Datenbasis werden erst nach einer Strukturanalyse möglich sein.

Derzeit ist noch nicht entschieden, welche Informationen längerfristig zur Verfügung stehen und über ein "Fundstellensystem" den verschiedenen Nutzern des Info-Was aufbereitet werden müssen.

- **Datenverarbeitung**

Die Aufgabenbearbeitung erfolgt durch Datenverarbeitung mittels DV-gestützter Einzelanwendungen oder integrierter Systeme. Die Wasserwirtschaftsverwaltung verfügt über eine Vielzahl von Programmpaketen, die im Laufe der Jahre mit erheblichem Aufwand, zumeist als eigene Programmierungen entstanden sind. Die Überarbeitung des bisherigen DV-Konzeptes hat diese Tatsache zu berücksichtigen, wenn neue Anwendungen entstehen.

Noch 1992 ist beabsichtigt, die im Datenkatalog definierten Objektstrukturen unter Einsatz geeigneter Entwicklungswerkzeuge (CASE-TOOLS) in der DBWas zu organisieren. Deshalb wird es notwendig sein, anhand der bereits erstellten Vorgaben für die Datenbankstruktur zumindest für die wichtigsten Objekte die Erfassungsprogramme unter Zugrundelegung einheitlicher Erfassungsschematas zu erstellen. Gleichzeitg damit müssen für die wichtigsten Objekte die benötigten ersten Auswerteprogramme für Routineanforderungen miterstellt werden, soweit nicht auf vorhandene interne oder auf dem Markt käufliche Software zurückgegriffen werden kann.

In dieser Phase des Projekts ist ein sehr großer personeller Aufwand für die Erstellung der "Pflichtenhefte" notwendig, wenn das Informationssystem Wasserwirtschaft in einem befriedigendem Zeitraum bereitstehen soll. Der Einsatz von externen Büros zur unternehmerischen Beratung und zur unmitelbaren Programmierung von Einzelanwendungen wird derzeit vorbereitet.

- **DV-Werkzeuge**

Mit der heutigen sehr leistungsfähigen Geräteausstattung im Verbund der Wasserwirtschaftsbehörden sind die wesentlichen Grundlagen auch bereits für die Zukunft geschaffen.

Die Verfügbarkeit der DV am Arbeitsplatz mit Anschluß an das Rechenzentrum am LfW kann die Wasserwirtschaftsverwaltung gewährleisten. Es ist daher notwendig, in der Rechenzentrale des LfW die Kapazität zu erweitern. Vorgeschlagen ist ein Rechner DEC VAX 9000.

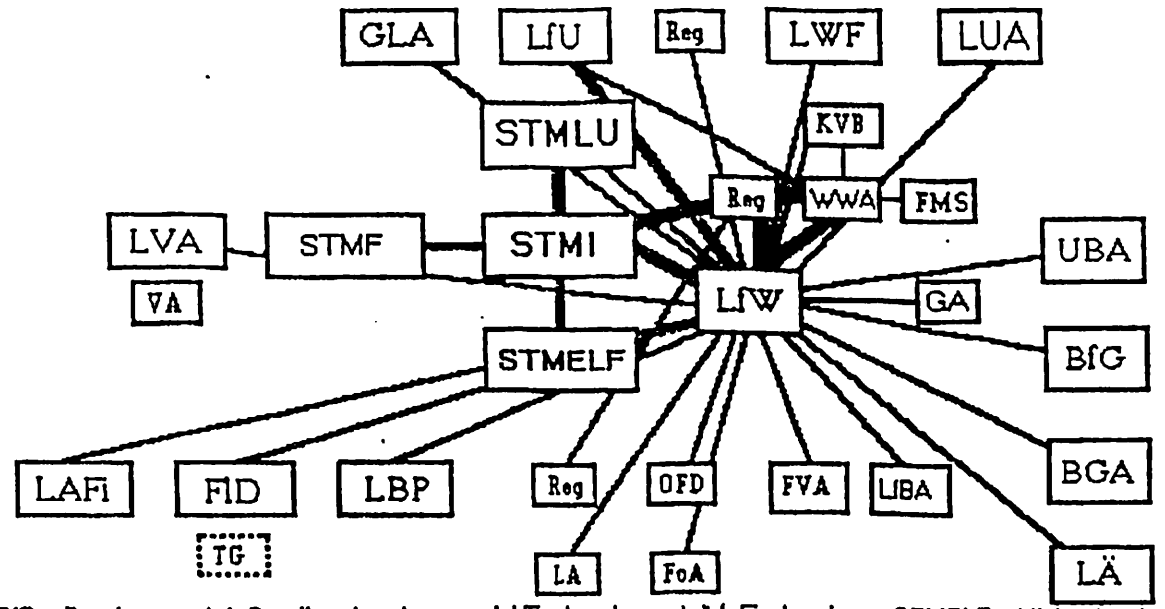
- Schnittstellen, Datentransfer

Der Austausch von digitalen Daten, vor allem zwischen den Fachbehörden nimmt an Bedeutung zu.

Die in der Wasserwirtschaftsverwaltung selbst gewonnenen Daten müssen in vielen Fällen durch Daten anderer Verwaltungen (z.B. Geographische Daten, zentrale Schlüsselsysteme, Daten der Gesundheitsverwaltung u.a.m.) oder auch Dritter (z.B. Eigenüberwachungsergebnisse, Untersuchungsergebnisse von Fremdlabors) ergänzt werden. Gleichermaßen werden im Austausch Daten der Wasserwirtschaft von anderen Verwaltungen (z.B. Umweltbereich, Gesundheitsverwaltung, Landwirtschaft und weiteren) und Dritten (z.B. Anlagenbetreiber, Hochschulen) benötigt.

Das Gesamtkonzept wird darauf abzustellen sein, einen kontrollierten Datentransfer in einer technisch realistischen Form zu ermöglichen. Dieser Austausch wird in aller Regel nicht "online" notwendig sein, zumal die Realisierung von Zugriffsberechtigungen im Online-Betrieb bei unterschiedlichen Systemen einen erheblichen technischen Aufwand erfordern dürfte.

Eine wesentliche Grundlage des "fachlichen Datenausstausches" stellt auch die Abstimmung der gemeinsam benötigten Informationen dar (z.B. Abstimmung von Schlüssellisten, Objektdefinitionen u.a.).



BfG = Bundesanstalt f. Gewässerkunde
BGA = Bundesgesundheitsämter
FlD = Flurbereinigungsdirektion
FoA = Forstamt
FMS = Flußmeisterstelle
FVA = Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt
GLA = Geologisches Landesamt
GA = Gesundheitsämter
KVB = Kreisverwaltungsbehörde
LA = Landwirtschaftsamt
LÄ = Landesämter der übrigen Länder

LAFi = Landesanstalt f. Fischerei
LBP = Landesanstalt f. Bodenkultur und Pflanzenbau
LfU = Landesamt f. Umweltschutz
LfBA = Landesanstalt f. Betriebswirtschaft u. Agrarstruktur
LfW = Landesamt f. Wasserwirtschaft
LUA = Landesuntersuchungsämter
LVA = Landesvermessungsamt
LWF = Landesanstalt für Wasserforschung
OFD = Oberforstdirektion
REG = Regierungen

STMELF = Ministerium f. Landwirtschaft u. Forsten
STMF = Finanzministerium
STMI = Ministerium d. Innern
STMLU = Ministerium f. Landesentwicklung und Umweltfragen
UBA = Umweltbundesamt
VA = Vermessungsamt
WWA = Wasserwirtschaftsamt

(Abb. 6 Bayer. Wasserwirtschaftsverwaltung im Verbund mit anderen Behörden)

L I T E R A T U R

---

1 WASSERBAU UND WASSERWIRTSCHAFT IN BAYERN

(C) 1962 Copyrigt by C.H. Harbeke Verlage KG,
München 23

---

2 WASSERWIRTSCHAFT IN BAYERN ALS ZUKUNFTSAUFTRAG
UND HERAUSFORDERUNG

Prof. Dipl.-Ing. L. Strobl, Präsident des
Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft
Heft 22, Schriftenreihe Bayer. Landesamt für
Wasserwirtschaft, München 1988

---

3 DV-KONZEPT DER BAYER. WASSERWIRTSCHAFTSVERWALTUNG

Dipl.-Math. Peter Juckel
Bau Intern, Heft 3, München 1992

4.2

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

INFORMATIONSSYSTEME FÜR DIE WASSERWIRTSCHAFT IM RAHMEN DES KIWI BADEN-WÜRTTEMBERG

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА КИВИ В БАДЕН-ВЮРТЕМБЕРГЕ

INFORMATION SYSTEMs FOR WATER MANAGEMENT UNDER KIWI BADEN-WÜRTTEMBERG

R. Wizgall, H. Straub, R. Hertel
Р. Вицгалль, Х. Штрауб, Р. Хертель

Kurzfassung: Die Wasserwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg hat zunehmend Überwachungsaufgaben wahrzunehmen, die mit Hilfe der Informationstechnik rationell und effektiv gelöst werden können.

Der Einsatz der Informationstechnik erstreckt sich auf folgende Verwaltungseinheiten: Umweltministerium, Regierungspräsidien, Ämter für Wasserwirtschaft und Bodenschutz und Landesanstalt für Umweltschutz.

Moderne Netzwerke in Verbindung mit leistungsfähiger Hardware, benutzerfreundlicher Software und einer abgestimmten Organisation sind für den Erfolg Voraussetzung. Der Einsatz geeigneter Datenbanksysteme (zentrale und dezentrale Lösungen) und moderner Abfragetools bei den Dienststellen und der Meßnetzzentrale bei der Landesanstalt für Umweltschutz war ein wichtiger Schritt.

Es wurde eine Objektdatenbank erstellt, die im Hinblick auf eine gesamtheitliche Betrachtungsweise das Bearbeiten umfangreicher Daten der Überwachung und das Verwalten wasser- und abfallwirtschaftlicher Objekte erlaubt. Für das automatisierte Abrufen von Einzeldaten und aufbereiteten Daten der Hydrologie und der Gewässergüte wurde im Rahmen des gewässerkundlichen Meßnetzes ein komfortables Monitoringsystem aufgebaut.

Резюме: Управление по водному хозяйству Баден-Вюртемберг за последнее время все больше занимается мониторингом водоемов, который рационально и эффективно можно решить с помощью информационной техники.
Использование информационной техники распространяется на следующие административные отделы: Министерство по охране окружающей среды, президиумы правительств, учреждение по водному хозяйству и охране почвы и Земельное управление по охране окружающей среды. Современные сети вместе с мощной аппаратурой и удобным в обращении программным обеспечением и согласованной организацией являются предпосылкой для успеха. Использование подходящих систем банка данных (централизированное и децентрализированное решения) и современных средств опроса в служебных инстанциях, в центре измерительно-контрольной сети и в Земельном управлении по охране окружающей среды был важный шаг вперед.
Банк данных, который был учрежден, по рассмотрению тематики в целом, позволяет обработку обширного количества данных мониторинга и управление водохозяйственными объектами и устранением отходов. Для автоматизированного опроса отдельных данных и редактированных данных по гидрологии и состоянию водотоков была устроена удобная система мониторинга в рамках гидрологической измерительной сети.

Summary: The Baden-Württemberg water management has to take over to an increasing extent monitoring functions which can be carried out rationally and effectively with the aid of information techniques.

Information techniques are used by the following administrative units: ministry for the environment, offices of the president of the goverment, offices for water management and soil protection and the Federal State office for environmental protection.

Modern networks associated with efficient hardware, user-friendly software and a coordinated organization are a prior condition for success. The use of adequate data bank systems (central and decentralized) and modern inquiry devices at administrative departments and central offices of measuring networks at the Federal State office for environmental protection was an important step.

A data bank was established permitting the processing of comprehensive monitoring data and the administration of water and waste-related objects with a view to an overall approach. A comfortable monitoring system for the automatic inquiry of individual and processed data on hydrology and water quality was set up under the hydrological measuring network.

1. Einleitung

Der Einsatz von Informationstechnik in der Wasserwirtschafts-
verwaltung Baden-Württemberg reicht weit zurück. Waren in der
Vergangenheit mehr Einzelverfahren mathematischer Art zu be-
handeln, so stehen heute zusätzlich die Verwaltung von Objekt-
daten und die Verarbeitung von Meßreihen im Vordergrund.
Als Objektbeispiele werden aufgeführt Kläranlagen, Hochwasser-
rückhaltebecken, Wasserschutzgebiete, Altlasten, Industriebe-
triebe, Deponien, Meßstellen. Dabei wird zunehmend deutlich,
daß der Einsatz der Informationstechnik unter strategischen un
organisatorischen Gesichtspunkten zu erfolgen hat. Dies erfor-
dert bei der Entwicklung von DV-Systemen für die die Wasser-
wirtschaft eine gesamtheitliche Betrachtungsweise. Ein Objekt
wird nicht mehr für sich allein betrachtet, sondern in Relati-
on zu anderen Objekten. Daraus ergeben sich letztendlich kom-
munikative und integrierte DV-Lösungen. Beim Aufbau des KIWI
Baden-Württemberg (Kommunikatives, Integriertes Wasserwirt-
schaftliches Informationssystem) wurde dieser Grundsatz be-
rücksichtigt.

2. Organisation der Informationstechnik in Baden-Württemberg

Der Aufbau und Betrieb von DV-Systemen in Baden-Württemberg
orientiert sich an den Grundlagen des Landessystemkonzepts
(LSK). In diesem informations- und kommunikationstechnischen
Gesamtkonzept sind verschiedene Szenarien definiert, so z. B.
das Einzelszenario Umweltinformationssystem (UIS). Das UIS ist
der aufgabenorientierte, informationstechnische und organisa-
tionstechnische Rahmen für die Bereitstellung von Umweltdaten
und die Bearbeitung von fachbezogenen und fachübergreifenden
Aufgaben im Umweltbereich in der Landesverwaltung Baden-Würt-
temberg. Das KIWI ist eine wichtige Grundkomponente des UIS.

3. Was ist KIWI?

3.1 Vorbemerkung

Das KIWI Baden-Württemberg umfaßt im wesentlichen folgende
DV-Bereiche:

- Bürokommunikation
- Verarbeitung von Daten
- Netzwerk (Datex-P)
- Meßnetze
- Ingenieurprogramme
- Expertensysteme

Im Rahmen dieses Referates werden die Bereiche Datenver-
arbeitung und Meßnetze angesprochen.

3.2 Aufgaben und Ziele

Die Aufgaben und Ziele des KIWI sind:

- Bürokommunikation und Kommunikation zu anderen Dienststellen
- Erfassung und Auswertung von Daten zu wasser- und abfallwirtschaftlichen Objekten und Integration zur Textverarbeitung
- Unterstützung von Verwaltungsaufgaben
- Unterstützung von Ingenieurprogrammen (z. B. Wasserspiegellagenprogramm)
- Zugriffsmöglichkeiten auf übegeordnete Informationsdatenbanken
- Bearbeitung von Pegel- und Gewässergütedaten im Routinebetrieb und Hochwasserfall über das Gewässerkundliche Meßnetz
- Koordination der wasserwirtschaftlichen Zielplanung

3.3 Die wasser- und abfallwirtschaftliche Arbeitsdatei

Die aufgezeigten Ziele lassen sich nur erfüllen, wenn Systeme zum Einsatz kommen, deren Benutzeroberfläche einen großen Funktionsumfang besitzen.

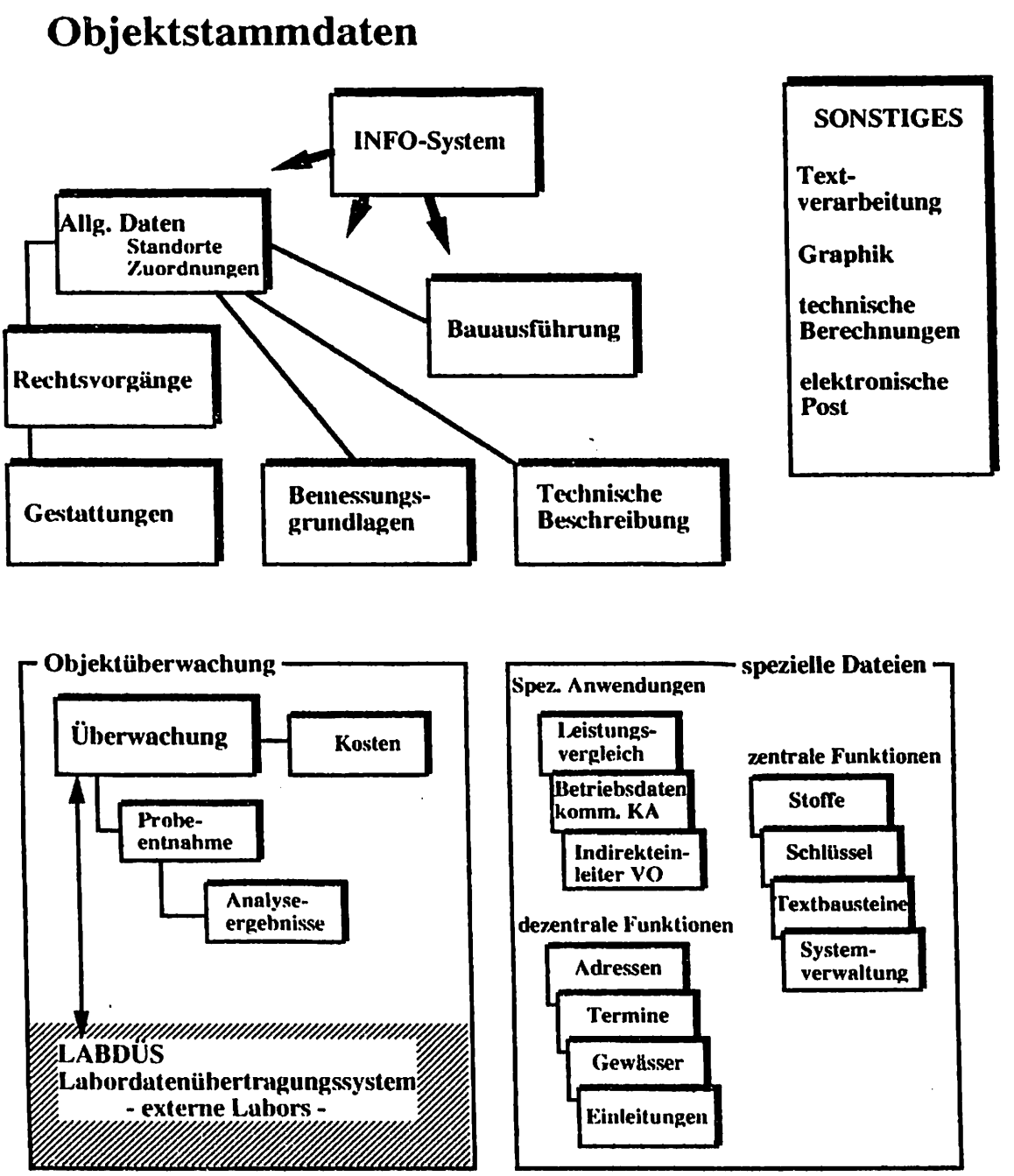
Für die Bearbeitung von Stamm- und Überwachungsdaten zu wasser- und abfallwirtschaftlichen Objekten wird bei den Ämtern für Wasserwirtschaft und Bodenschutz, die Arbeitsdatei eingesetzt. Die Arbeitsdatei ist ein mächtiges Datenbankmanagementsystem mit einem entsprechenden Erfassungs- und Auswertesystemen. Aggregierte Daten werden in einem zentralen System für übergeordnete Dienststellen bereitgestellt. Die Dienststellen der Wasserwirtschaftsverwaltung (ohne Regierungspräsidien) sind in ein leistungsfähiges Datex-P-Netzwerk eingebunden.

Umfang der Arbeitsdatei:

-	Anzahl der Objekte WBA	ca. 20.000	
-	erfaßte Objektarten	ca. 170	
-	objektartbezogene Erfassungsschemata	ca. 43	
-	Schlüsselverzeichnisse	ca. 150	
-	NATURAL-Programme	ca. 60	MB
-	Anzahl Programme	ca. 1.400	
-	Anzahl Masken	ca. 1.200	

Die Arbeitsdatei enthält zusätzlich andere wichtige Bausteine wie die Gewässerdatei und die Einleiterdatei.

Abb. 1 Funktionen Arbeitsdatei



4. Gewässerkundliches Meßnetz Baden-Württemberg

4.1 Einleitung

Zum gewässerkundlichen Meßnetz des landes Baden-Württemberg gehören Meßstellen für

- die Fließgewässer
  - Pegel (quantitative Gewässerkunde)
  - Meßstellen zur Überwachung des Gütezustandes (qualitative Gewässerkunde)

das Grundwasser
- Grundwassermeßstellen (Wasserstände und Beschaffenheit)

Gegenstand der Ausführungen sind hier nur die Meßstellen an Fließgewässern, mit Schwerpunkt Pegel.

4.1 Pegel an Fließgewässern

Pegel dienen der Messung der Wasserstände. Die Kenntnis der Wasserstände ist Voraussetzung der hydrologischen Arbeit und deren Umsetzung in die wasserwirtschaftliche Praxis. Wasserstände sind die Grundlage für die Abflußberechnung. Aktuelle Wasserstände und Abflüsse

- sind Grundlage für Warn- und Vorhersagedienst
- dienen der Steuerung wasserwirtschaftlicher Systeme
- sind Grundalge für die Beurteilung der Gewässergüte

Wasserstände und Abflüsse aus langjährigen Beobachtungsreihen sind Grundlage der hydrologischen Statistik Statistische Auswertungen geben Auskunft über

  - Veränderungen infolge anthropogener und klimatischer Einflüsse
  - morphologische Veränderungen

- für Untersuchungen der Austauschvorgänge zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser

- für hydrologische und hydraulische Untersuchungen

- für die Bemessung von Anlagen (z.B. für den Hochwasserschutz)

- für Untersuchungen der Gewässergeüte und -ökologie

Die ca. 400 Pegel des Landes sind nach 3 Kategorien eingeteilt:

- Kategorie A:
  Die Pegel liegen an den wasserwirtschaftlich und hydrologisch bedeutsamen Stellen der Hauptgewässer; sie sind daher Dauereinrichtungen. Das Netz dieser Pegel ist linienorientiert. Die an diesen Pegeln gewonnenen Daten dienen zur statistischen Auswertung der Abflüsse und der Wasserstände, zur Überwachung der Gewässer (z.B. Hochwassermeldedienst), zur Ermittlung der Veränderung der Abflußverhältnisse und zur Erstellung mathematischer Flußgebietsmodelle.

- Kategorie B:
  Die Pegel liegen meist an Gewässern mit einem Einzugsgebiet, das kleiner als 30 km^2 ist. Sie dienen hauptsächlich zur Erarbeitung hydrologischer Grunddaten, die bei der Anwendung hydrologischer Verfahren zur Bemessung von wasserwirtschaftlichen Bauwerken (z.B. Rückhaltebecken) erforderlich sind. Das Netz dieser Pegel ist hauptsächlich flächenorientiert. Die Beobachtungsdauer ist begrenzt; sie soll jedoch mindestens 20 - 30 Jahre betragen.

- Kategorie C:
  Diese Pegel werden meist nur für spezielle wasserwirtschaftliche Untersuchungen mit überregionaler Bedeutung benötigt; sie werden nach Abschluß dieser Arbeiten in der REgel wieder beseitigt.

Die Aufgaben zum Bau und Betrieb der Pegel und zur Auswertung der Daten sind wie folgt aufgeteilt:

- Bau und Betrieb erfolgt durch 23 Ämter für Wasserwirtschaft und Bodenschutz (unter Einschaltung von örtlichen Pegelbeobachtern)

- Auswertung und Bereitstellung der Daten ist Aufgabe der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU). Weiterhin ist die LfU zuständig für die Konzeption des Meßnetzes, die Entwicklung von Methoden zur Beobachtung und Erfassung der Daten. Sie wirkt mit bei der Ausrüstung und beim Bau der Meßanlagen und führt Kontrollmessungen durch. Sie ist zuständig für die Ausrüstung der Pegel mit automatischer Meßwerterfassung.

Neben den Pegeln werden noch ca. 60 landeseigene Niederschlagsmeßstellen betrieben.

Um die gewässerkundlichen Aufgaben künftig aktueller und rationeller erledigen zu können, ist derzeit die Ausrüstung der Pegel mit sogenannten Datensammlern im Gange. Mit Hilfe solcher Geräte, die mit Einrichtungen zur Datenfernübertragung ausgerüstet sind, kann der ordnungsgemäße Betrieb der Meßstellen überwacht sowie eine aktuelle Datenbereitstellung und eine "Ferndiagnose" der Roh-Meßwerte ermöglicht werden. Weiterhin kann künftig durch Anwendung neuer EDV-gestützer Arbeitstechniken (z.B. CAD-Technik) der derzeitige Aufwand bei der Prüfung und Korrektur der Rohdaten, insbesondere wenn diese Arbeit an Hand der analogen Registrierstreifen vorliegen, vermindert werden.

Eine weitere Überwachungsmöglichkeit wird künftig darin gesehen, daß bei allen Pegeln ein zweites unabhängiges Meßsystem (z.B. Druckdose) installiert wird und so eine Prüfung an Hand beider Meßwerte durchgeführt werden kann.

Ein Datensammler hat folgende Funktionen:

- Verdichten der Daten
  Der Datensammler berechnet 15-Minuten-Mittelwerte und registriert zusätzlich Extremwerte.

- Grenzwertüberwachung
  Der Datensammler überwacht vorgegebene Grenzwerte (z.B. Hochwassermeldewasserstände) und gibt bei Über- oder Unterschreiten selbständig Alarm.

- Datenfernübertragung
  Die erfaßten Meßdaten werden täglich zu der für die Datenaufbereitung zuständigen Stelle übertragen.

- Sprachausgabe
  Die Sprachausgabe des Datensammlers kann
  - aktuelle Meßwerte und
  - Alarmmedlungen über Telefon absetzen.

- Redundante Messung
  Zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit der Meßsysteme vergleicht der Datensammler die Meßwerte beider Systeme und gibt Alarm, wenn die Abweichungen unzulässig groß sind.

  Derzeit (Ende 1991) verfügen 62 Pegel über einen Datensammler mit Datenfernübertragungsteil, bei 24 weiteren Pegeln ist die Ausrüstung im Gange. 53 weitere Pegel besitzen bereits einen Stromanschluß; der Datensammlereinbau dieser Pegel erfolgt voraussichtlich im Laufe des Jahres 1993. In den folgenden Jahren ist die Ausrüstung weiterer Pegel vorgesehen.

4.2 Meßstellen zur Überwachung des Gütezustandes

In Baden-Württemberg werden im Rahmen ständiger Beobachtungsprogramme sowohl der biologisch-ökologische Zustand der Fließgewässer als auch die den biologischen Zustand beeinflussend stofflichen Belastungen untersucht. Die Ergebnisse der Gewässerüberwachung werdenf ür die Bewirtschaftung der Gewässer als Bestandteil des Naturhaushaltes, für konkrete Sanierungsplanungen und zur Erfolgskontrolle von durchgeführten Gewässerschutzmaßnahmen benutzt.

Der biologisch-ökologische Zustand der Fließgewässer wird derzeit an 1600 Stellen regelmäßig erfaßt und in fünfjährigem Abstand kartiert. Die Meßstellen liegen an großen und kleinen Gewässern.

Die stofflichen Belastungen werden durch Messungen von chemischen und physikalischen Parametern überwacht. Wegen des großen Untersuchungsaufwandes erfolgt dies nur punktuell. Untersucht wird die Beschaffenheit des Wassers und des Sedimentes.

Der chemisch-physikalische Zustadnd der Gewässer wird mit einem umfangreichen Meßnetz überwacht. Je nach der technischen Vorgehensweise werden die Meßstellen in 5 Kategorien unterteilt. Sie reichen von einfachen Probeentnahmen von Hand bis zum Einsatz hochkomplizierter Meßeinrichtungen inzentralen Hauptmeßstationen. Die Einstufung und Ausstattung der einzelnen Meßstellen richtet sich hauptsächlich nach der konkreten Belastungssituation an der Meßstellen.

An den Hauptgewässern des Landes Rhein, Neckar und Donau sowie die Bodenseezuflüsse bestehen stationäre Einrichtungen. Dabei erfolgt die Probenahme mit Hilfe von automatischen Probensammlern. Diese Probensammler gestatten die Gewinnung zeitproportionaler Mischproben. Normalerweise werden 24-stündige Mischproben fraktioniert; sie werden vor Ort konserviert. Durch anschließende Analyse im Labor kann der Konzentrationsverlauf von Wasserinhaltsstoffen lückenlos festgestellt werden. Hauptmeßstationen sind neben Probensammlernauch noch mit Eirnichtungen ausgerüstet, die eine kontinuierliche Messung für Temperatur, Sauerstoff, Leitfähigkeit und pH-Wert gestattet. Diese Stationen sind mit Datensammlern mit Datenfernübertragung ausgestattet.

5. Erfassung, Aufbereitung und Bereitstellung

5.1 Erfassung

Die gewässerkundlichen Meßstellen des Landes Baden-Württemberg werdens eit 1988 mit Stationsrechnern, den sog. Datensammlern (DASA) augerüstet. Zur Zeit sind ca. 70 Pegel und ca. 20 Gütemeßstationen an oberirdischen Gewässern damit ausgerüstet. Die

Datensammler bestehen aus einem Rechner mit digitaler Meßwerterfassung, der je nach Erfordernis zusätzlich mit einem Anrufbeantworter, einem Störmelder, einer Datenfernübertragungseinheit (DFÜ) oder mit Einrichtungen zur Steuerung von Meßgeräten und Stationseinrichtungen ausgerüstet werden kann. Der Datensammler tastet die Meßwerte von den Sensorgen im Minutentakt ab, integriert sie zu Langzeitmittelwerte und legt sie dann in Festwertspeichern ab. Die Mittelwertbildung ist beliebig einstellbar (Minuten bis Stunden).

5.1.1 Pegel

Im gewässerkundlichen Meßnetz Baden-Württemberg werden an den Pegeln die Wasserstände durch Winkelkodierer erfaßt, im Minutentakt vom Datensammlern abgetastet und als 15-Minutenmittelwerte abgelegt. Extreme Ereignisse, wie zum Beispiel Scheitel von Hochwässern, werden als Einzelereignis mit der aktuellen Zeit abgespeichert. Mindestens einmal pro Woche werden von den örtlichen Pegelbetreuern von der Pegellatte abgelesene Vergleichswerte in den Datensammler eingegeben. Zum gleichen Zeitpunkt werden auch die, vom DASA automatisch registrierten Meßwerte, abgespeichert.

5.1.2 Gütemeßstationen

In den Gütemeßstationen oberirdischer Gewässer werden im allgemeinen die Standardparameter: Wasertemperataur, der Gehalt an gelöstem Sauerstoff, der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit erfaßt. Die Mewerte werden im Minutentakt abgetastet und zu 1-Stundenmittelwerten verdichtet und abgespeichert. Bei speziellen Meßeinrichtung wie z.B. Biomonitoring werden die Mittelwertbildung den Meßanwendungen angepaßt. Wöchentlich bzw. 14-täglich werden Kalibrierungen durchgeführt; die Sollwerte und die zu diesem Zeitpunkt erfaßten aktuellen Meßwerte werden abgespeichert.

Neben den Standardparametern werden an einigen Meßstationen och weitere physikalisch/chemische und biologische Meßgrößen registriert. So werden z.B. Nitrat, Chlorid, der spektrale Absoptionskoeffizient (SAK 254), die Aktivität von Daphnien (ca. 1,5 mm große Waserflöhe), das Schwimmverhalten von Fischen und metereologische Meßgrößen erfaßt.

5.1.3 Grundwasser

Einige Grundwassermeßstellen sind mit einer speziellen Version des Datensammlers ausgerüstet. Dieser Datensammler paßt in ein 4 Zoll Rohr und ist daher von außen nicht sichtbar. Die mit Druckdosen gemessenen Wasserstandswerte werden als Einzelwerte abgespeichert; das Meßintervall ist frei wählbar. Die daten werden, wie an den großen Datensammlern, mit einer Kassette ausgelesen. In der Meßnetzzentrale werden diese Daten wieder in die EDV übertragen und in gleicher Weise wie die, über Datenfernübertragung übergebenen Werte, weiterverarbeitet.

5.2 Aufbereitung

Über das Telefonnetz werden von den Meßstationen, die mit DFÜ ausgestattet sind, die Meßwerte routinemäßig einmal am Tag in der Zeit von 5 Uhr bis 9 Uhr abgerufen und auf der Meßnetzzentrale, bei der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU), in einer Datei abgelegt. Dort wird automatisch ein Plot erstellt und der Wasserwirtschaftsverwaltung, zur Verfolgung des aktuellen Geschehens, zur Verfügung gestellt. Die Rohwerte werden auf Plausibilität und Fehler überprüft und durch entsprechende Korrekturen berichtigt. Bei den Gütedaten oberirdischer Gewässer werden die Kalibrierdaten zur Korrektur der Rohwerte benutzt. Die Wasserstandswerte der Pegel werden automatisch in die zugehörigen Abflußwerte umgerechnet und ebenfalls als Grafik ausgegeben.

5.3 Bereitstellung

Bei extremen Ereignissen, wie z. B. Hochwasser oder bei Sauerstoffdefizit, alarmieren die Datensammler die Meßnetzzentrale autotmatisch, so daß ein aktueller Datenabruf erfolgen kann. Bei Bedarf können die Wasesrwirtschafts- und Bodenschutzämter (WBA) über die Meßnetzzentrale einen aktuellen Datenabruf von

den von ihnen ausgewählten Meßstationen veranlassen. Die oben beschriebene automatische Bereitstellung der grafischen Darstellungen erfolgt in gleicher Weise. Damit ist gewährleistet, daß sich die zuständigen Stellen jederzeit über das Geschehen vor Ort informieren können und eventueller Handlungsbedarf schnell erkannt werden kann.

Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, werden bei den Pegeldaten auch statistische und historische Werte eingeblendet, um das aktuelle Geschehen einordnen zu können. Bei den Gütemeßstationen werden auf einen Plot (Abb. 3) die vier Standardparameter dargestellt. In Abb. 4 ist der Weg der Daten vom Datensammler zur Meßnetzzentrale und zu den Ämtern schematisch dargestellt.

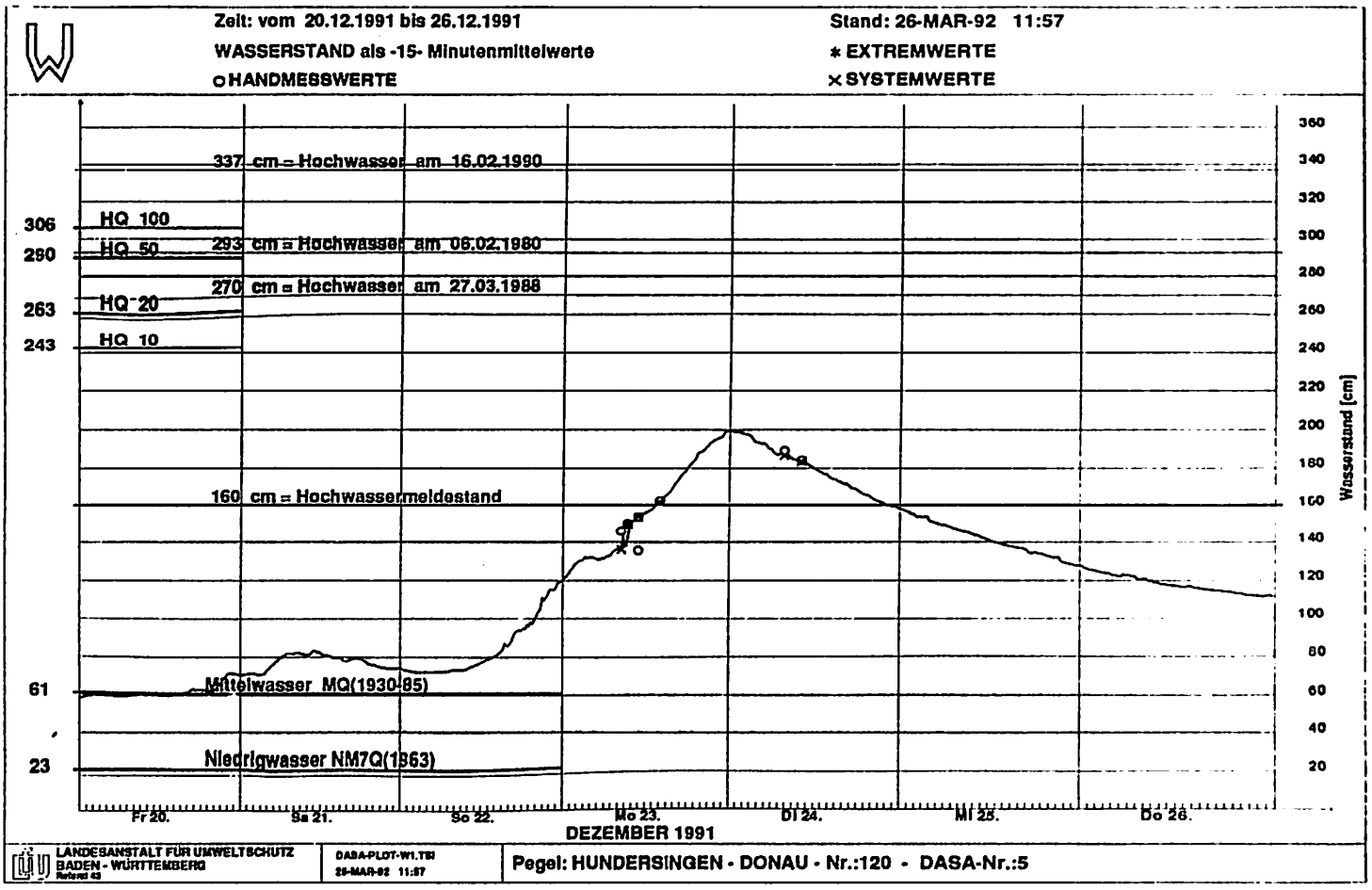

Zeit: vom 20.12.1991 bis 26.12.1991
WASSERSTAND als -15- Minutenmittelwerte
○ HANDMESSWERTE
Stand: 26-MAR-92 11:57
* EXTREMWERTE
× SYSTEMWERTE
337 cm = Hochwasser am 16.02.1990
306 HQ 100
280 HQ 50
293 cm = Hochwasser am 06.02.1980
270 cm = Hochwasser am 27.03.1988
263 HQ 20
243 HQ 10
160 cm = Hochwassermeldestand
61 Mittelwasser MQ(1930-85)
23 Niedrigwasser NM7Q(1963)
Wasserstand [cm]
Fr 20.
Sa 21.
So 22.
Mo 23.
Di 24.
Mi 25.
Do 26.
DEZEMBER 1991
LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN - WÜRTTEMBERG
DASA-PLOT-W1.TSI
26-MAR-92 11:57
Pegel: HUNDERSINGEN - DONAU - Nr.:120 - DASA-Nr.:5

Abb. 2

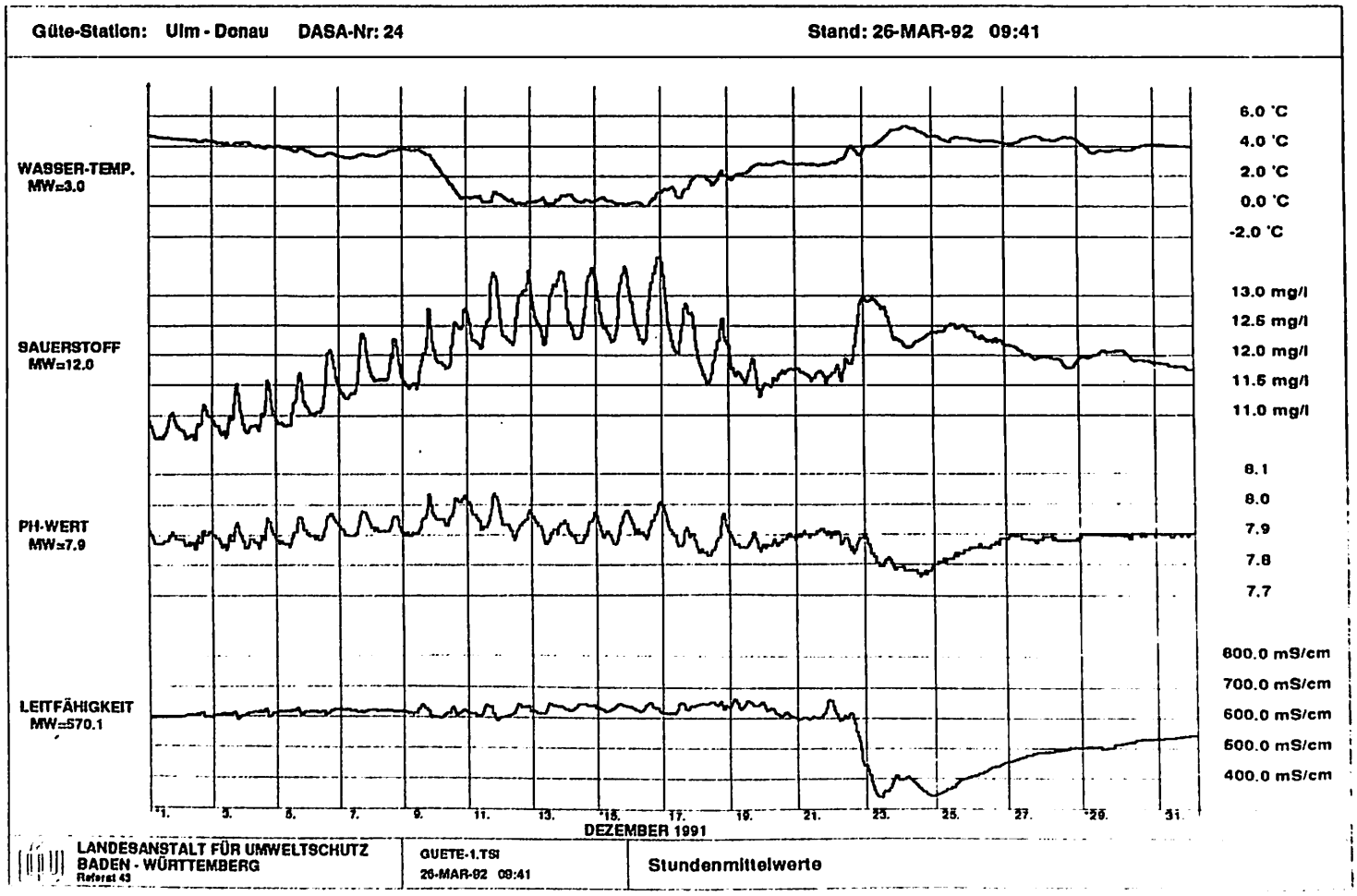
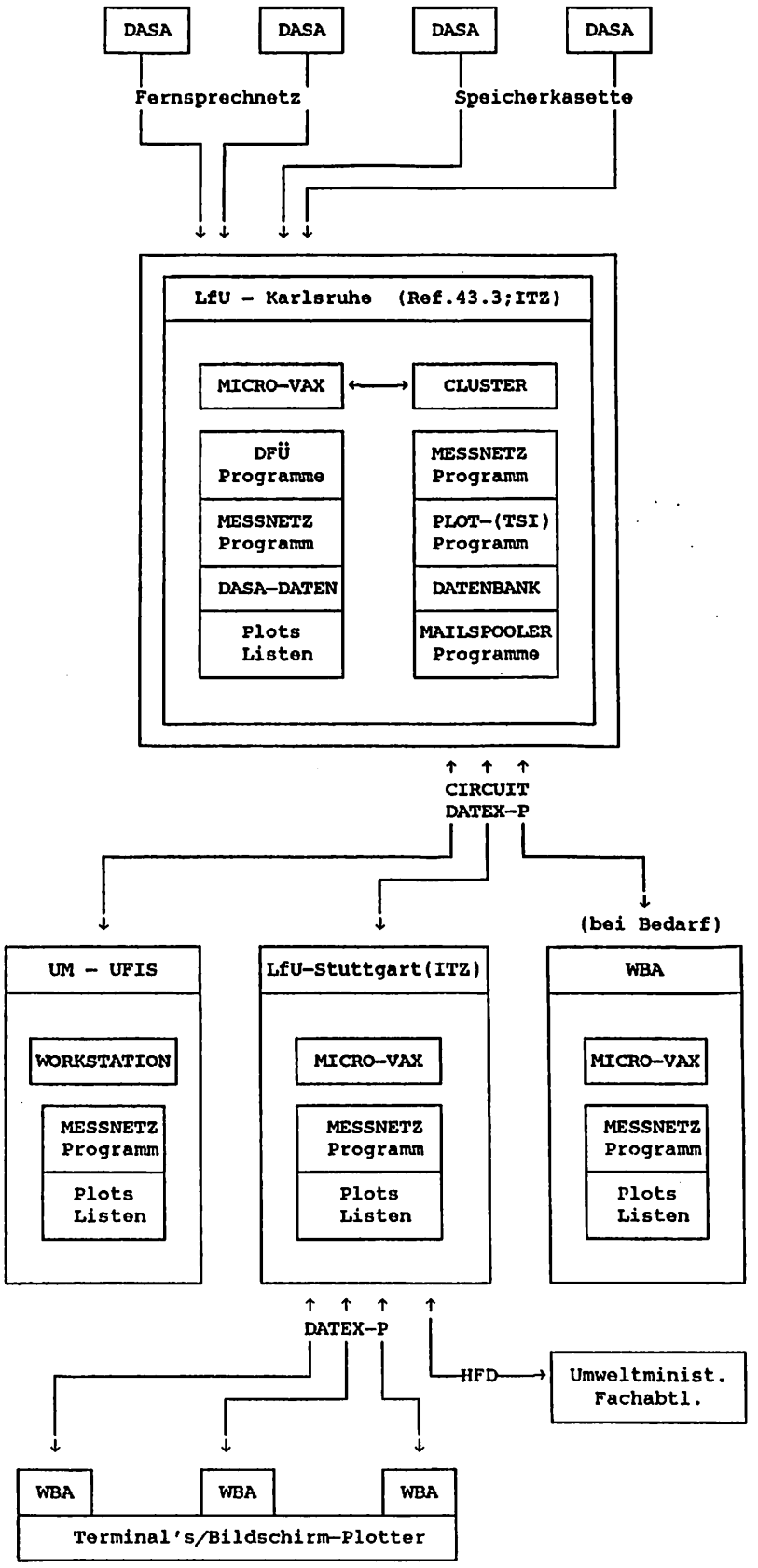

Güte-Station: Ulm - Donau DASA-Nr: 24
Stand: 26-MAR-92 09:41
WASSER-TEMP. MW=3.0
6.0 °C
4.0 °C
2.0 °C
0.0 °C
-2.0 °C
SAUERSTOFF MW=12.0
13.0 mg/l
12.5 mg/l
12.0 mg/l
11.5 mg/l
11.0 mg/l
PH-WERT MW=7.9
8.1
8.0
7.9
7.8
7.7
LEITFÄHIGKEIT MW=570.1
800.0 mS/cm
700.0 mS/cm
600.0 mS/cm
500.0 mS/cm
400.0 mS/cm
1. 3. 5. 7. 9. 11. 13. 15. 17. 19. 21. 23. 25. 27. 29. 31.
DEZEMBER 1991
LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN - WÜRTTEMBERG
QUETE-1.TSI
26-MAR-92 09:41
Stundenmittelwerte

Abb. 3


DASA
DASA
DASA
DASA
Fernsprechnetz
Speicherkasette
LfU - Karlsruhe (Ref.43.3;ITZ)
MICRO-VAX
CLUSTER
DFÜ Programme
MESSNETZ Programm
DASA-DATEN
Plots Listen
MESSNETZ Programm
PLOT-(TSI) Programm
DATENBANK
MAILSPOOLER Programme
CIRCUIT
DATEX-P
(bei Bedarf)
UM - UFIS
WORKSTATION
MESSNETZ Programm
Plots Listen
LfU-Stuttgart(ITZ)
MICRO-VAX
MESSNETZ Programm
Plots Listen
WBA
MICRO-VAX
MESSNETZ Programm
Plots Listen
DATEX-P
HFD
Umweltminist. Fachabtl.
WBA
WBA
WBA
Terminal's/Bildschirm-Plotter

Anschrift der Verfasser:

Zu KIWI allgemein:

Rolf Wizgall
Ministerium für Umwelt
Baden-Württemberg
Kernerplatz 9

7000 Stuttgart

Zu Gewässerkundliches Meßnetz:

Helmut Straub
Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
Griesbachstr. 3

7500 Karlsruhe 21

Zur Erfassung und Aufbereitung gewässerkundlicher Daten:

Roland Hertel
Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
Griesbachstr. 3

7500 Karlsruhe 21

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ О РЕЖИМЕ РЕК БАССЕЙНА Р. ДУНАЙ

DIE ERSTELLUNG EINES AUTOMATISIERTEN INFORMATIONSSYSTEMS FÜR DAS ABFLUSSREGIME DER FLÜSSE IM DONAUEINZUGSGEBIET

CREATION OF COMPUTERIZED INFORMATION SYSTEM ON DANUBE BASIN RIVERS

В. А. Семенов
V. A. Semenov

Резюме: С целью ускорения подготовки и предоставления гидрометеорологической информации при водохозяйственном проектировании и прогнозах режима рек бассейна р. Дуная целесообразно создание единой автоматизированной системы. Основой такой системы может служить интегральный банк гидрометеорологических данных с распределенной базой во всех придунайских странах. Для экономии технических носителей базы банка данных и каналов связи при межком-пьютерном обмене информацией предлагается использовать бинарную универсальную форму представления информации (код БУФР).

Kurzfassung: Um eine schnelle Verarbeitung und Bereitstellung hydrometeorologischer Informationen bei wasserwirtschaftlichen Projekten und bei der Vorhersage des Abflußregimes der Flüsse im Donaueinzugsgebiet zu ermöglichen, ist die Erstellung eines allgemeinen automatisierten Informationssystem zweckmäßig. Grundlage für ein solches Informationssystem könnte eine integrierte Datenbank für hydrometeorologische Daten sein, die in allen Donauländern eingerichtet sein sollte. Eine ökonomisch vertretbare Verbreitung der in der Datenbank gespeicherten Daten mit Hilfe technischer Datenträger und Datenvermittlungskanälen beim Computerinformationssystem müßte über eine binäre Universalform für die Darstellung der Informationen (BUFR-Kode) erfolgen.

Summary: With a view to promoting preparation and submission of hydrometeorological information in designing systems in water management and forecasting regime of Danube basin rivers it is expedient to create a unified computerized system. Such a system may be based on integrated hydrometeorological data bank, which is distributed in all Danube basin countries. For providing economy in the field of data technical media and communication channels with information computer-to-computer exchange it is proposed to use the binary universal form of data presentation (BUFR-code).

I. Введение

Современное техническое оснащение организаций придунайских стран, занимающихся гидрометеорологическим обеспечением, позволяет существенно повысить оперативность получения данных, необходимых для прогнозов водного и ледового режима рек бассейна р. Дунай, предоставления различной информации для водохозяйственных целей.

Анализ ответов специалистов гидрометеорологических служб придунайских стран-членов Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) на анкету по обзору гидрологических банков данных и систем распространения данных, подготовленную и распространенную автором совместно с Секретариатом ВМО, свидетельствует, что почти все придунайские страны имеют автоматизированные системы получения, распространения гидрометеорологической информации и национальные банки данных. Некоторые страны разработали системы для получения данных в реальном масштабе времени. Отдельные страны имеют в банках данных комбинированную гидрометеорологическую информацию, необходимую для гидрологических прогнозов и водохозяйственных расчетов, а большинство - данные о гидрологическом режиме рек, используемые для водохозяйственных целей.

Состояние информационного обеспечения и технического оснащения национальных служб создает предпосылки для создания единой автоматизированной системы слежения за гидрологическим режимом рек бассейна р. Дунай для повышения оперативности сбора и передачи информации, необходимой для прогнозов, ускорения получения подготовки и предоставления данных для водохозяйственных целей.

2. Информационное обеспечение системы

Основой автоматизированной информационной системы о режиме рек бассейна р. Дунай должен служить интегральный банк гидрометеорологических данных.

Интегральный банк данных для международного бассейна р. Дунай, создаваемый для обеспечения проектов совместного использования водных, энергетических ресурсов и в транспортных целях, должен быть универсальным - способным снабжать потребителей всех придунайских стран гидрометинформацией, необходимой как для оперативного обеспечения сведениями о режиме рек бассейна, разработки и проверки прогнозов, так и для водохозяйственного, энергетического, транспортного проектирования.

В связи с этими задачами информационная база интегрального банка данных по бассейну р. Дунай должна состоять из архивов гидрометданных долговременного хранения и базы данных оперативного использования.

Регулярно пополняемые (желательно ежегодно) архивы гидрометданных должны включать прежде всего основные сведения об ежедневных уровнях и расходах воды р. Дунай, ее основных притоков: средние суточные, средние и экстремальные уровни воды за характерные фазы режима рек и водохранилищ; средние суточные, средние и экстремальные месячные и годовые расходы воды; средние и экстремальные расходы воды за фазы водного режима рек (половодье, паводки, низкую зимнюю и летнюю

межень). В архивах базы желательно иметь ежегодные сведения об изменениях температуры воды и о сроках прохождения основных фаз ледового режима на реках бассейна. Для слежения за изменениями качества воды в архивной базе должны храниться основные сведения о гидрохимическом режиме рек (минерализация, состав анионов и катионов и т.д.), о загрязнении поверхностных вод, об изменениях количества и гранулометрического состава взвешенных наносов. Необходимы также сведения о водных объектах и пунктах наблюдений: площадь и средняя высота водосборов рек, их длина, размеры искуственных водоемов, сроки открытия и закрытия пунктов наблюдений. Из метеорологических данных в архивы базы должны быть включены сведения об атмосферных осадках и запасах воды в снежном покрове, а также данные о температуре и влажности воздуха, солнечной радиации, необходимые для водно- и теплобалансовых расчетов. Для оценки и учета влияния хозяйственной деятельности человека на водные ресурсы целесообразно иметь в архиве массив справочных данных о водопользовании и возвратных водах.

Для функционирования комплексной информационно-прогностической системы бассейна р. Дунай и отдельных ее частей в базе данных оперативного использования должна содержаться информация разной степени обработки, используемая и создаваемая в процессе работы функциональных подсистем банка данных: первичная гидрометеорологическая информация; поля анализа и прогноза бассейнового центра прогнозов; поля анализа и прогнозов региональных (государственных) центров прогнозов; сведения о поступлении информации; необходимые для прогнозов данные за многолетний период наблюдений; описание всех типов записей, содержащих данные наблюдений и поля анализа и прогноза, включая осредненные сведения о гидрометеорологических элементах; служебную информацию.

Необходимая для прогноза информация должна быть достаточной, но не избыточной, чтобы не затруднять поиск и использование данных. Учитывая особую актуальность и сложность прогноза прохождения паводков в базу данных оперативного использования должны быть включены материалы, необходимые для повышения оперативности обмена данными для информирования и прогнозов паводков.

Для хранения гидрометеорологической информации в банке данных и при обмене данными целесообразно использовать унифицированные форматы.

Хранение архива базы данных целесообразно осуществлять одновременно на магнитных лентах и дисках, а базу данных оперативного использования – на дисках и дискетах.

3. Техническое обеспечение системы

Быстродействие обработки и анализа собранной информации может быть обеспечено соответствующим классом электронной техники как в месте расположения интегрального банка данных по всему бассейну р. Дунай, так и в национальных центрах придунайских стран.

В техническом оснащении автоматизированных систем сбора, обработки, хранения и распространения гидрометеорологической информации придунайских стран преобладает использование однотипных или технически совместимых компьютеров: используются

преимущественно ЭВМ - совместимые ЭВМ различного быстродействия, а также персональные компьютеры типа ЭВМ PC AT (XT) или совместимые с ними.

Международный опыт функционирования подобных систем показывает целесообразность создания сети, работающей на системе из сочетания одного компьютера большой или средней производительности и нескольких персональных компьютеров.

При передаче оперативной информации большинством придунайских стран используются телефон, телеграф и другие средства телесвязи.

Для функционирования комплексной информационно-прогностической системы сбора, хранения и распространения больших объемов гидрометеорологических данных по бассейну р. Дунай с использованием различных каналов связи, в том числе метеорологической связи Всемирной Метеорологической Организации (GTS), большое значение имеет сжатие информации при передаче данных, а также при их хранении.

4. Сжатие информации

Наиболее перспективно использование при передаче и хранении больших массивов гидрометеорологической информации при межкомпьютерном обмене кода БУФР - бинарной универсальной формы регистрации данных.

Код ФМ-94 БУФР рекомендован Комиссией по основным системам для экспериментального использования при обмене метеорологическими данными, представляемыми в двоичной (бинарной) форме, и для их хранения. Он предназначается для использования только с помощью компьютеров, так как его раскодирование человеком очень трудоемко. При длинной последовательности значений одного параметра в БУФР используется прием, называемый сжатием данных: из имеющегося ряда фактических значений выбирается минимальное, которое в терминах кода БУФР называется локальной величиной начала отсчета и размещается в начале последовательности данных; затем из каждого исходного значения последовательности эта величина начала отсчета вычитается и в сообщении передаются или хранятся разности между фактическими значениями и локальной величиной начала отсчета; для каждой из величин разности отводится фиксированное количество двоичных разрядов, необходимое для представления максимальной величины разности.

Сжатие информации осуществляется следующим образом. Предположим, что для хранения необходимо поместить E наблюдаемых параметров (или статистических характеристик), повторяющихся по S циклам, например, временным периодам (срок наблюдений, сутки, месяц, сезон, год). Такие данные по предложению Н.Н.Михайлова могут быть представлены в виде входной матрицы:

	Параметры (X=I,e)
Периоды	XI,I, XI,2.....XI,e
	X2,I, X2,2.....X2,2
X	" ", " " .....
j =I,S	" ", " " .....
	XS,I, XS,2.....XS,e

Матрица значений величин данных или параметров может храниться в сжатом виде (в виде относительных значений приращений). При этом, натуральное значение (X) определяется по соотношению:

$$X = R + J$$

где R - хранимое минимальное значение параметра из последовательности одноименных параметров по оси S ;
J - хранимое приращение относительно R для каждого значения параметра.

Исходя из указанного подхода, структура поля переменной части записи будет иметь вид матрицы хранения:

$$DR_1, R_1, NBJNC_1, J_{1,1}, J_{1,2} \ldots J_{1,S}$$
$$DR_2, R_2, NBJNC_2, J_{2,1}, J_{2,2} \ldots J_{1,S}$$
$$DR_e, R''_e, NBJNC_e, J_{e,1}, J_{e,2} \ldots J_{e,S}$$

где:

$DR_1 \ldots DR_e$ - длина хранимых минимальных значений характеристик XI...Xe;

$R_1 \ldots R_e$ - значения минимальных величин характеристик XI...Xe;

$NBJNC_1, \ldots NBJNC_e$ - длина хранимых приращений $J_{1,1} \ldots J_{e,S}$

Количество циклов S и количество характеристик E записываются в параметрах заголовка записей.

Эффективность сжатия существенно зависит от количества значений их разброса и чем длинее последовательность и меньше изменчивость значений, тем эффективней сжатие. Кроме высокой эффективности сжатия сообщений для некоторых видов данных код БУФР имеет следующие преимущества перед другими кодами:

возможность внесения изменений и дополнений в код без переделки ядра программного обеспечения;

сравнительная простота описания кодируемых данных;

возможность включения в код БУФР многих других гидрометеорологических кодов.

Учитывая, что представление числовых величин в двоичной системе является менее избыточной в сравнении с двоично-десятичным и позволяет экономить до 20 процентов двоичной памяти или пропускной способности двоичного канала и до 60 процентов экономии в сравнении с представлением в телеграфных кодах, преимущества кода - БУФР еще более очевидны.

К недостаткам кода БУФР можно отнести следующие:

большая избыточность при коротких сообщениях;

отсутствие внутренней помехозащиты;

практическая невозможность прочтения сообщения БУФР без помощи компьютера.

К трудностям использования БУФР для обмена гидрометеорологическими данными относится также то, что требуется существенная модификация средств связи, а также трудности преобразования данных из кода, применяемого при обработке данных (код ЭВМ) в код БУФР для передачи данных и обратно.

Учитывая преимущества и недостатки использования кода БУФР он может быть рекомендован при передаче по каналам связи обработанных гидрологических данных из базы национальных

банков данных в интегральный и обратно при межкомпьютерном обмене, особенно если информация велика по объему. Целесообразно использование его также для передачи оперативной гидрометрической информации при значительной длине сообщений.

Использование кода БУФР для хранения гидрологических данных потребует соблюдения определенных требований к техническим спецификациям записей информации. Для размещения данных (или характеристик параметров) в записях следует использовать переменную строку битов переменной длины без выравнивания на границу байта. Строка должна занимать целое число октетов (8-битовых полей). Указанный способ физического представления данных обеспечивает возможность чтения и записи данных на электронных машинах разного класса без дополнительного перекодирования.

В случае использования кода БУФР для хранения и передачи гидрологических данных в соответствующие таблицы этого кода, определяющие некоторые внешние по отношению к сообщению характеристики алгоритма составления сообщений, необходимо внести дополнения. В частности, в состав элементов сообщений рекомендуется ввести следующее:

величина уровня воды по отношению к нулю графика водомерного устройства;

состояние водного объекта (ветер, волнение, зарастаемость русла, пересыхание водотока);

температура воды;

ледовые явления;

мутность воды;

ежедневные расходы воды;

ежедневные расходы взвешенных наносов;

показатели минерализации и качества воды.

Общность кодирования данных при передаче и хранении информации, единство форматов ее хранения, обеспечит возможность взаимного обмена методами и программами расчетов для водохозяйственных целей и для прогнозов гидрологических явлений на реках бассейна р. Дунай.

Состав данных в филиалах (распределенной базе) интегрального банка будет определяться кругом задач, решаемых национальными службами придунайских стран.

Адрес автора:
Российская Федерация,
249020 г. Обнинск
Калужской области
ул. Королева 6
ВНИИГМИ-МЦД

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

EINRICHTUNG EINER DATENBANK FÜR HOCHWASSEREREIGNISSE

СОЗДАНИЕ ДАННЫХ ПО ПАВОДКОВЫМ СОБЫТИЯМ

A DATA BASE FOR FLOOD EVENTS
(Establishment of a Flood Event-Data Base)

H. Bergmann, B. Sackl & V. Vasvari
Х. Бергманн, Б. Сакль, В. Ваштари

Kurzfassung: Im Beitrag wird über die Einrichtung einer Datenbank für Hochwasserereignisse in Österreich berichtet. Zuerst werden die hydrologischen Grundlagen behandelt und anschließend die Entwicklung eines Programmpaketes für Personal Computer beschrieben, mit welchem die Eingabe und Auswertung der Meßdaten von Pegelstationen, die Auswahl und Abtrennung von Hochwasserereignissen, die Ermittlung von Merkmalen und Parametern der Hochwasserereignisse, die Abspeicherung sämtlicher Informationen in der Datenbank und der Ausdruck von Datenblättern erfolgt. Die Ergebnisse werden an Hand der Auswertung von Meßdaten einer ausgewählten Pegelstation erläutert.

Резюме: В работе представляется создание банка данных по паводочным событиям в Австрии. Сначала излагаются гирдологические основы и после этого описывается развитие программы по персональному компьютеру, с которым проводятся ввод и оценка измеренных данных водомерных станций, выбор и разделение паводковых событий, установление признаков и параметров паводковых событий, накопление всей информации в банке данных и распечатка информационных карт. Результаты комментируются по оценке измеренных данных одной выбранной водомерной станции.

Summary: The contribution deals with the establishment of a data base for flood events in Austria. The hydrological foundations and development of a software package are described. The personal computer programs include the input of data records of water gauging stations, the selection and separation of flood events, the determination of all characteristics and parameters of the flood hydrographs, the storing of all information in the data base and the output in different forms. The results are illustrated by the evaluation of the data records of a selected water gauge.

1. Einleitung

Für eine Vielzahl von Planungsaufgaben in der Wasserwirtschaft, vor allem für Hochwasserschutzprojekte, für die Dimensionierung wasserbaulicher Anlagen, für die regionale Raumplanung oder für Projekte der naturnahen Gewässergestaltung sind in zunehmenden Maße Hochwasserdaten erforderlich (Bergmann & Sackl, 1990). In den meisten Fällen reichen jedoch die in den konventionellen Datendokumentationen erfaßten Hochwasserspitzenwerte allein für die Aufgabenlösung nicht aus. Für viele Bemessungsaufgaben ist es vielmehr notwendig, auch andere Merkmale von Hochwasserereignissen, die deren Verlauf möglichst genau charakterisieren, zur Verfügung zu haben, was eine eingehende Analyse und Auswertung von Meßdaten und die Erstellung einer umfassenden Datenbank für Hochwasserereignisse voraussetzt. Diese wurde im Rahmen eines vom Hydrographischen Dienst veranlaßten Projektes für die Schreibpegel Österreichs in Angriff genommen.
Die langfristige Zielsetzung des Projektes besteht in der Erstellung einer umfassenden Datenbank für Hochwasserereignisse für alle jene Schreibpegel in Österreich, an welchen die erforderlichen Voraussetzungen für die Datenauswertung erfüllt sind. Der erste Teil der Untersuchungen, über welchen im Folgenden berichtet wird, beinhaltete die Erstellung der erforderlichen Software und die exemplarische Datenauswertung von vier ausgewählten Pegelstationen. Die Auswahl der Hochwasserereignisse geschieht nach der Größe des Spitzenabflusses, wobei der Schwellenwert so festgelegt wird, daß durchschnittlich fünf Hochwasserereignisse pro Jahr der jeweils verfügbaren Jahresreihe ausgewertet werden.

2. Hydrologische Grundlagen

Grundlegende Voraussetzung für die Erstellung der Datenbank ist eine umfassende Kennzeichnung der Hochwasserereignisse. Sie geschieht in Anlehnung an die in der Ingenieurhydrologie bekannten Begriffe (vgl. DIN 4049, Teil 1) und umfaßt die in Tab.1 gemäß Abb.1 zusammengestellten Merkmale und Parameter.

Als Kriterium für den Beginn eines Hochwasserereignisses gilt jener Zeitpunkt, zu dem die Abflußganglinie einen signifikanten Anstieg aufweist (vgl. Dyck, 1980). Das entspricht bei einfachen, monoton ansteigenden Ganglinien dem einer Hochwasserspitze verausgehendem Abflußminimum $dQ/dt = 0$ und $d^2Q/dt^2=0$. In vielen Fällen, etwa bei flachverlaufenden Anstiegen in der Anfangsphase, welche dem Hochwasserereignis nicht zugerechnet werden können, oder bei Auftreten von kleinen Zwischenspitzen und -tälern entlang der Anstiegslinie, hat sich die Analyse der Abflußsummenlinie, in welcher zu Beginn eines Ereignisses ein signifikanter Knick auftritt, als zielführender erwiesen, wobei als Kriterium die relative Änderung des Knickwinkels der als Polygonzug gegebenen Summenlinie verwendet wird. Nach Festlegung eines kritischen Mindestmaßes kann somit der Beginn eines Hochwasserereignisses bestimmt werden (Abb. 2).

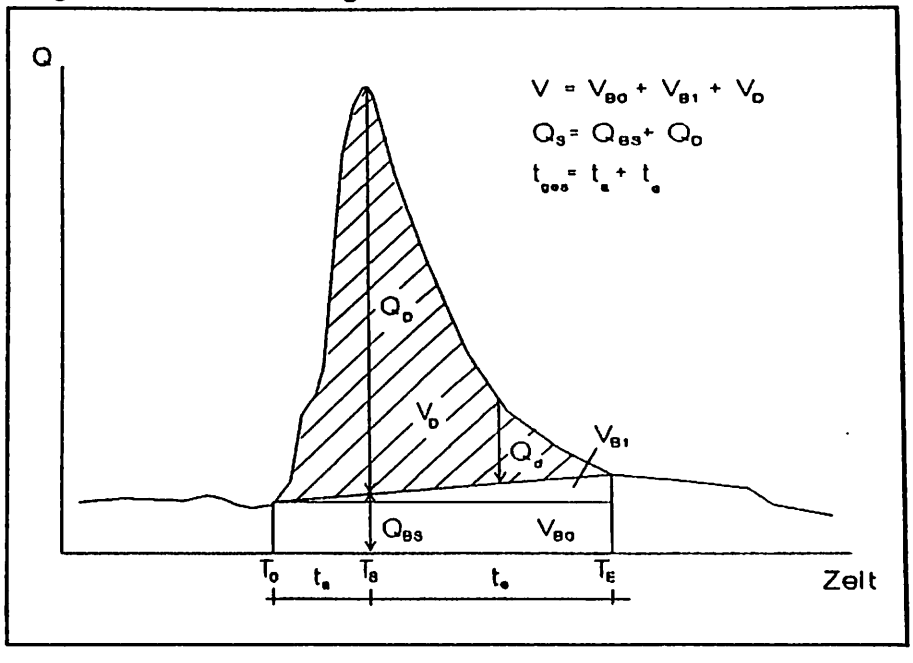


Abb. 1: Charakteristische Merkmale eines Hochwasserereignisses
Рис. 1: Характерные признаки паводочного события
Fig. 1: Characteristics of a flood event

Als Ende des Hochwasserereignisses gilt im allgemeinen der Beginn der Trockenwetterganglinie (Auslauflinie, Rückgangskurve), der jedoch ebenfalls nicht in allen Fällen eindeutig bestimmt werden kann (Dyck, 1980). Daher wird der Endpunkt des Ereignisses nach einem hiefür entwickelten volumetrischen Verfahren (Bergmann & Sackl, 1989) bestimmt, indem als Kriterium das Volumsverhältnis V_{B1}/V_D verwendet wird (vgl.Abb.1). Dieses Kriterium führt bei monoton verlaufenden Abstiegslinien stets zu eindeutigen Ergebnissen. Das trifft bei komplexeren Ganglinienformen, etwa bei mehrgipfeligen Abstiegslinien, nicht immer zu. In solchen Fällen

Tabelle 1: Merkmale und Parameter eines Hochwasserereignisses
Таблица 1: Признаки и параметры паводочного события
Table 1: Charakteristics and parameters of a flood event

Nr.	Abk.	Einheit	Kennwerte
1	V	[m³]	Gesamtvolumen von T_0 bis T_E
-	V_{B0}	[m³]	Basisabflußvolumen unter Q_{B0}
-	V_{B1}	[m³]	Basisiabflußvolumen über Q_{B0}
2	V_D	[m³]	Direktabflußvolumen
-	h_{ges}	[mm]	Abflußhöhe (bezogen auf V)
-	h_{B0}	[mm]	Abflußhöhe (bezogen auf V_{B0})
-	h_{B1}	[mm]	Abflußhöhe (bezogen auf V_{B1})
-	h_D	[mm]	Abflußhöhe (bezogen auf V_D)
4	Q_{B0}	[m³/s]	Anfangsbasisabfluß (Zeitpunkt T_0)
-	Q_{BS}	[m³/s]	Basisabfluß zum Zeitpunkt T_S (Q_S)
5	Q_{BE}	[m³/s]	Endbasisabfluß (Zeitpunkt T_E)
-	Q_{BM}	[m³/s]	mittlerer Basisabfluß (T_0 bis T_E)
6	Q_S	[m³/s]	Gesamtspitzenabfluß
7	Q_D	[m³/s]	Direktspitzenabfluß (Q_S-Q_{BS})
8	T_0	Tag/Uhr	Zeitpunkt des Ereignisbeginns
9	T_S	Tag/Uhr	Zeitpunkt des Spitzenabflusses
10	T_E	Tag/Uhr	Zeitpunkt des Ereignisendes
11	t_a	[h]	Anstiegszeit (T_0 bis T_S)
-	t_c	[h]	Abstiegszeit (T_S bis T_E)
12	t_{ges}	[h]	Gesamtdauer (T_0 bis T_E)
13	t_m	[h]	Spitzenabflußdauer $V_D/(Q_D.3600)$
14	V_s	[-]	Standardvolumen (t_m/t_a)
15	T_{ges}	[-]	Standarddauer (t_{ges}/t_a)
3	V_{abtr}	[-]	Abtrennungskriterium (V_D/V_{B1})

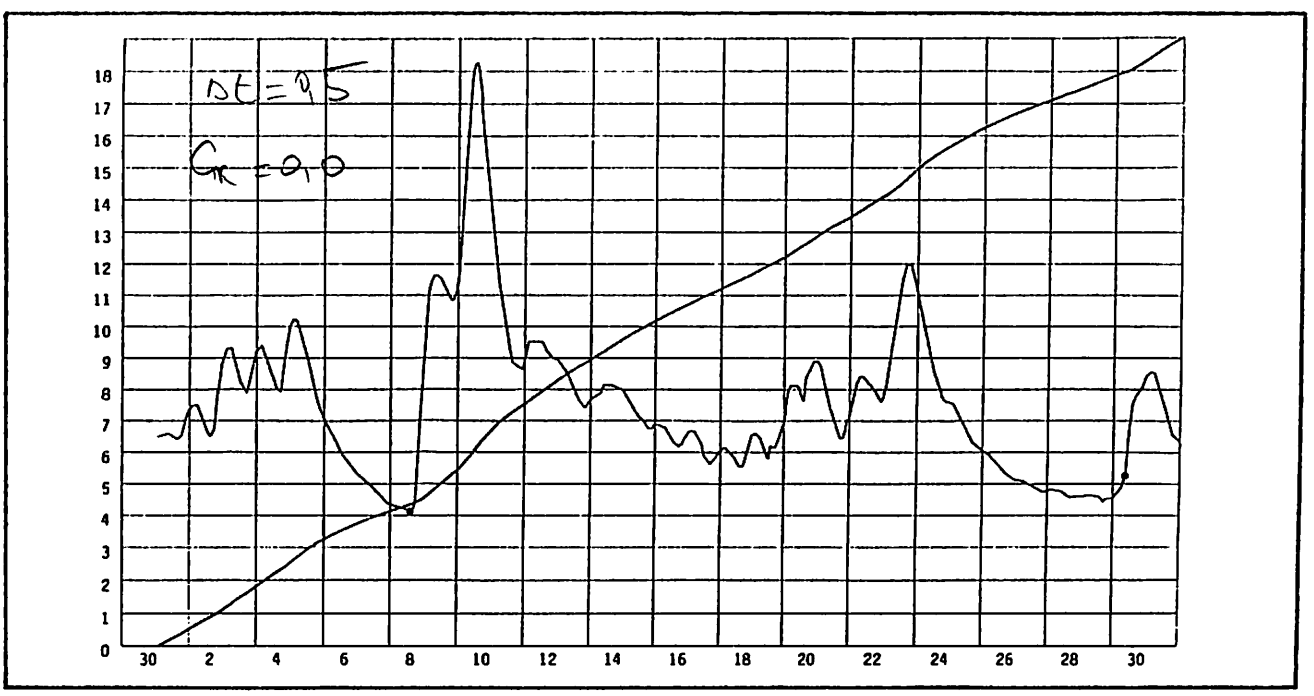


Abb.2: Gang- und Summenlinie eines Hochwasserereignisses mit Sekundärspitze in der Anstiegslinie
Рис.2: Временная и интегральная кривая паводочного события с вторичным пиком по кривой повышения
Fig.2: Hydrograph and mass curve of a flood event with second peak in the increasing part

werden einzelne, ineinandergreifende Ganglinienteile durch Verländerung mit Hilfe einer Exponentialfunktion voneinander getrennt. Wenn der Anfangs- und der Endzeitpunkt der Hochwasserganglinie festgelegt sind, erfolgt die Abtrennung des Basisabflusses durch geradlinige Verbindung dieser beiden Punkte (Abb. 1).

3. EDV-Programmpaket HEDA

3.1 Allgemeines

Das Softwarepaket HEDA (Hochwasser-Ereignis-Datenbank-Analyse) dient zur Erfassung von Wasserstansganglinien (Digitalisieren von Pegelaufzeichnungen) und deren Umrechnung in Durchflüsse, weiters zur Auswertung von Hochwasserereignissen und zur Archivierung sämtlicher Ganglinien- und Ereignisdaten in einer integrierten Datenbank.
Das Programm läuft auf handelsüblichen IBM-kompatiblen Personal Computern mit entsprechender Peripherie in Form eines Digitalisiertabletts und eines Laser-Druckers. Das Programmschema ist auf den folgenden Seiten dargestellt.

3.2 Datenerfassung

Wasserstandsganglinien, die auf Schreibstreifen aufgezeichnet vorliegen, werden punktweise digitalisiert und in der Datenbank abgelegt. Gleichzeitig erfolgt eine grafische Kontrolle am Bildschirm. Wasserstands-Durchfluß-Beziehungen (Pegelschlüssel) können als W,Q-Tabellen oder als mehrteilige mathematische Funktionen eingegeben und archiviert werden.
Die Umrechnung der Wasserstände in Durchflüsse kann für einen Zeitraum mit einem fixen Pegelschlüssel oder bei einer Änderung des Schlüssels (z.B. während eines Hochwasserereignisses) "verlaufend" zwischen zwei Pegelschlüssel erfolgen.

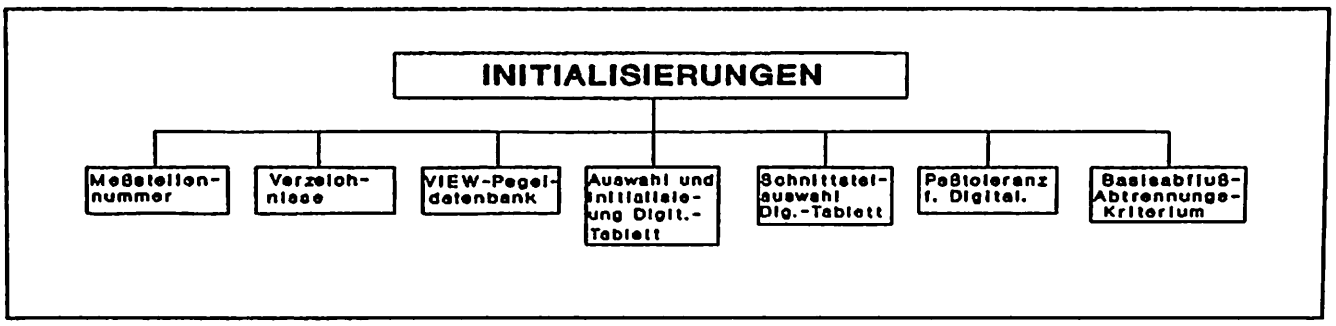
3.3 Auswertung

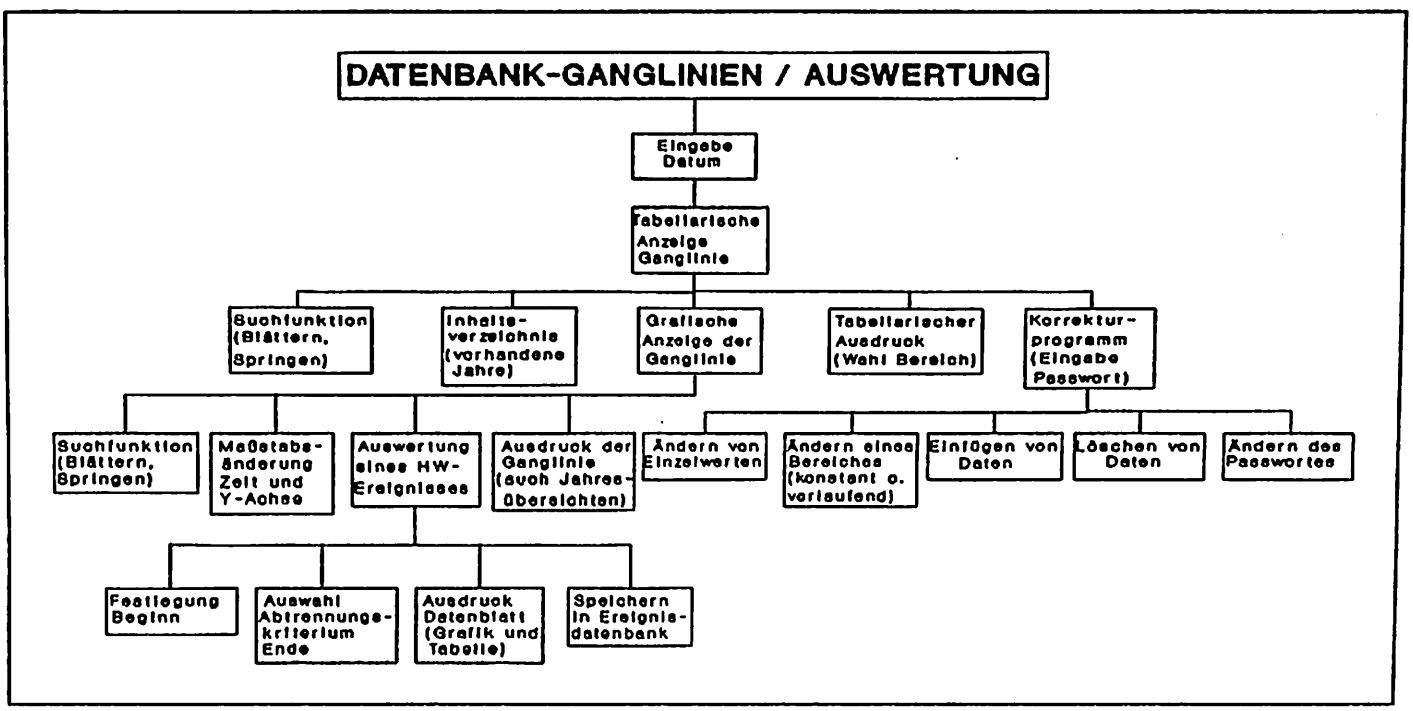
Beliebige Abschnitte der gespeicherten Abflußganglinie können am Bildschirm angezeigt und einzelne Hochwasserereignisse ausgewertet werden. Die Basisabflußseparation erfolgt halbautomatisch, wobei der Beginn des Ereignisses jeweils manuell am Grafikbildschirm festgelegt wird. Das Ende des Ereignisses erhält man entweder durch manuelle Festlegung am Grafikbildschirm, oder durch automatische Berechnung nach einem ausgewählten "Abtrennungskriterium", wobei der Endpunkt so gewählt wird,daß sich ein bestimmtes Verhältnis V_{BI}/V_D ergibt (vgl. Abb.1), oder durch exponentielle Verlängerung der Auslauflinie an einem ausgewählten Punkt, ausgehend von der dort vorliegenden Neigung. Die Verlängerung erfolgt wieder bis zu jenem Punkt, bei dem das Abtrennungskriterium erfüllt ist. Letztere Methode findet vor allem bei mehrgipfeligen Ereignissen Anwendung.
Die Entwicklung der automatischen Festlegung der Beginnpunkte der Ereignisse ist noch nicht abgeschlossen. Das Ziel ist eine vollautomatische Auswertung von Hochwasserereignissen aus einer über einen längeren Zeitraum vorliegenden Abflußganglinie nach objektiv festgelegten Kriterien.

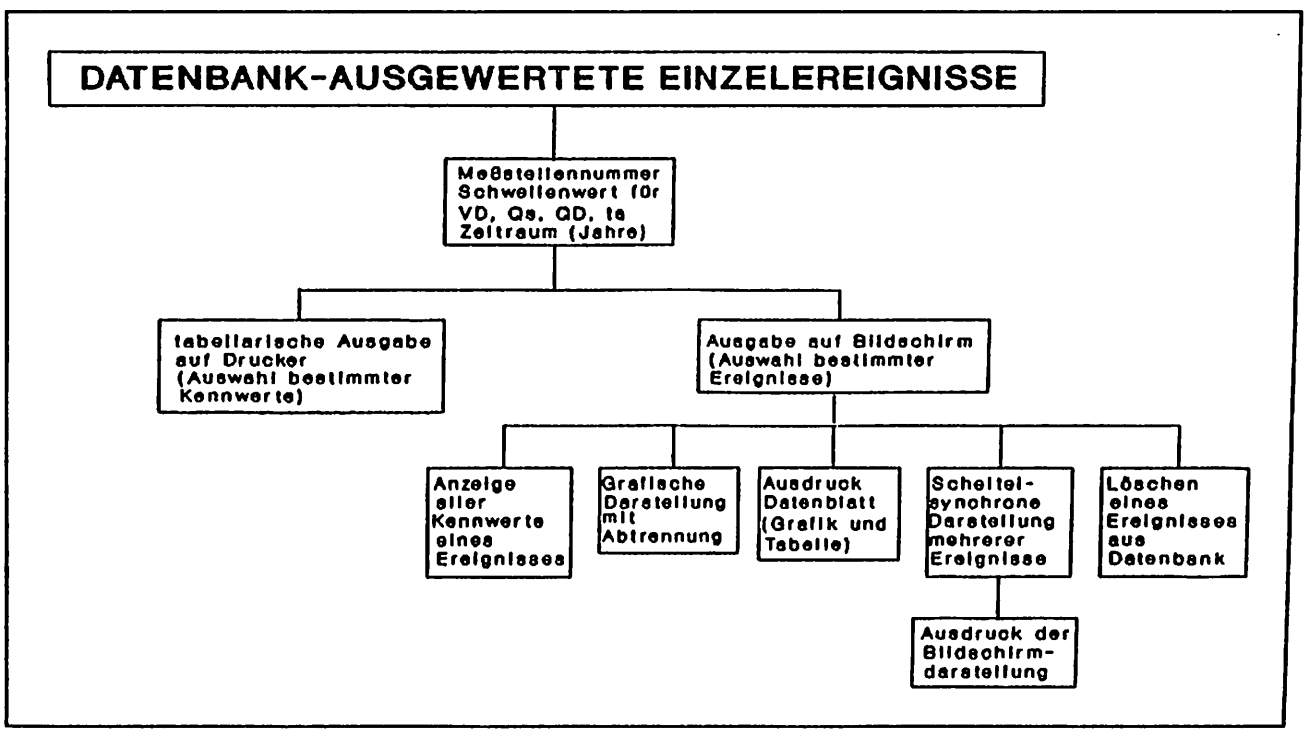
3.4 Archivierung und Ausgabe

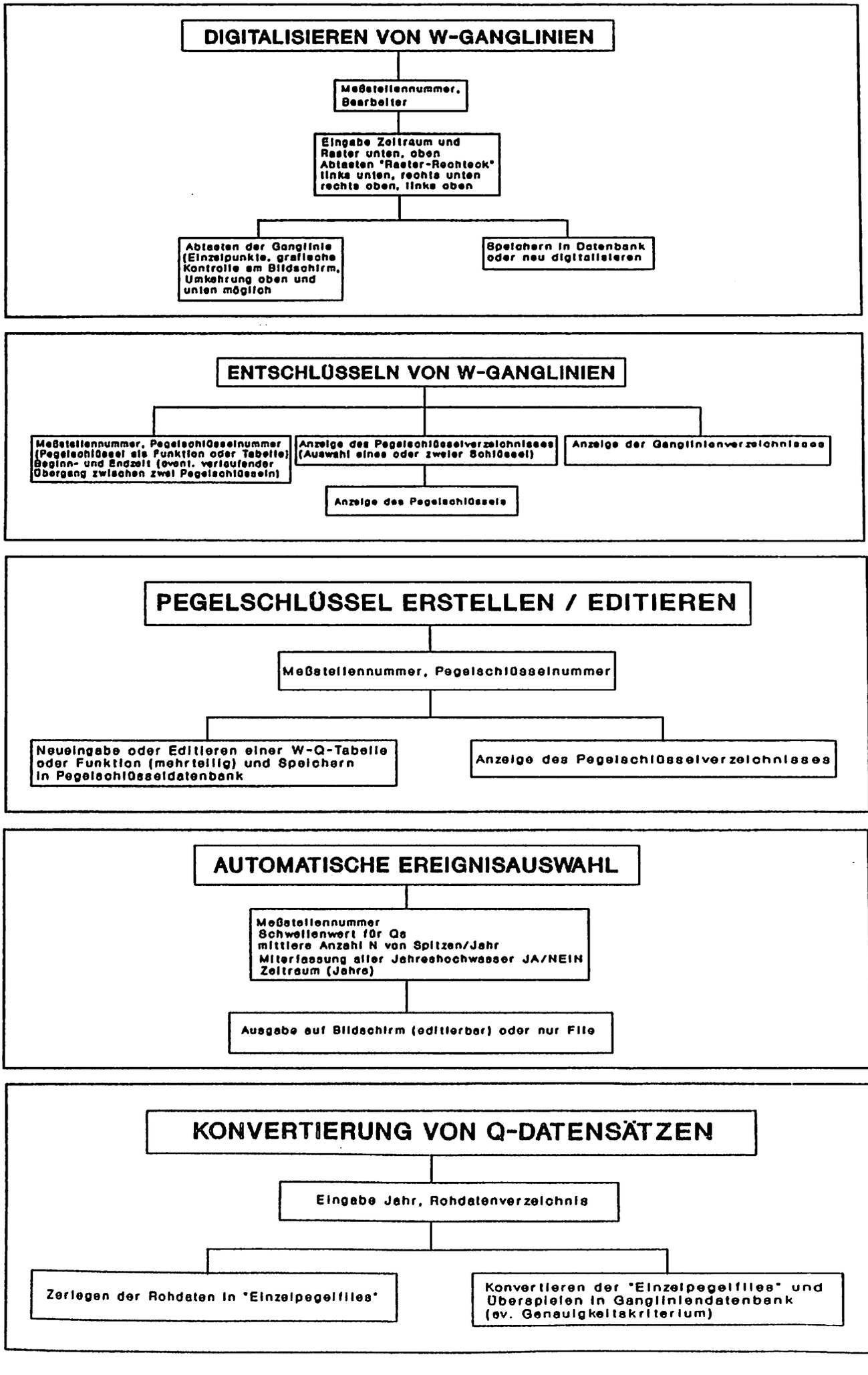
Das Datenbanksystem ist im oben beschriebenen Softwarepaket integriert und auf alle speziellen Erfordernisse abgestimmt. Es erlaubt einen raschen Zugriff auf die gespeicherten Daten in vielfacher Form sowie Korrekturen und nachträgliche Auswertungen.
Unter anderem können Wasserstands- und Abflußganglinien am Bildschirm oder Drucker tabellarisch und grafisch für beliebige Pegelstellen und Zeiträume ausgegeben und Einzelereignisse einschließlich der Abtrennung grafisch am Bildschirm dargestellt werden. Auch die scheitelsynchrone Ausgabe mehrerer Ereignisse an einer Meßstelle ist möglich. Die Kennwerte und Parameter einer Hochwasserwelle können am Bildschirm abgefragt werden; der Ausdruck eines Datenblattes (Abb.3) zeigt die grafische Darstellung der Ganglinie sowie eine Auflistung aller Kennwerte. Nach Eingabe von Schwellenwerten verschiedener Merkmale (z.B. Spitzenabfluß) ist eine tabellarische Auflistung aller entsprechenden Ereignisse am Bildschirm oder am Drucker möglich. Aus der gespeicherten Abflußganglinie können automatisch alle Spitzenabflüsse ermittelt werden, die entweder einen Jahreshöchstwert darstellen oder einen bestimmten Schwellenwert überschreiten. Pegelschlüssel werden nach Eingabe ebenfalls in der Datenbank gespeichert und können jederzeit editiert werden.

PROGRAMMSCHEMA



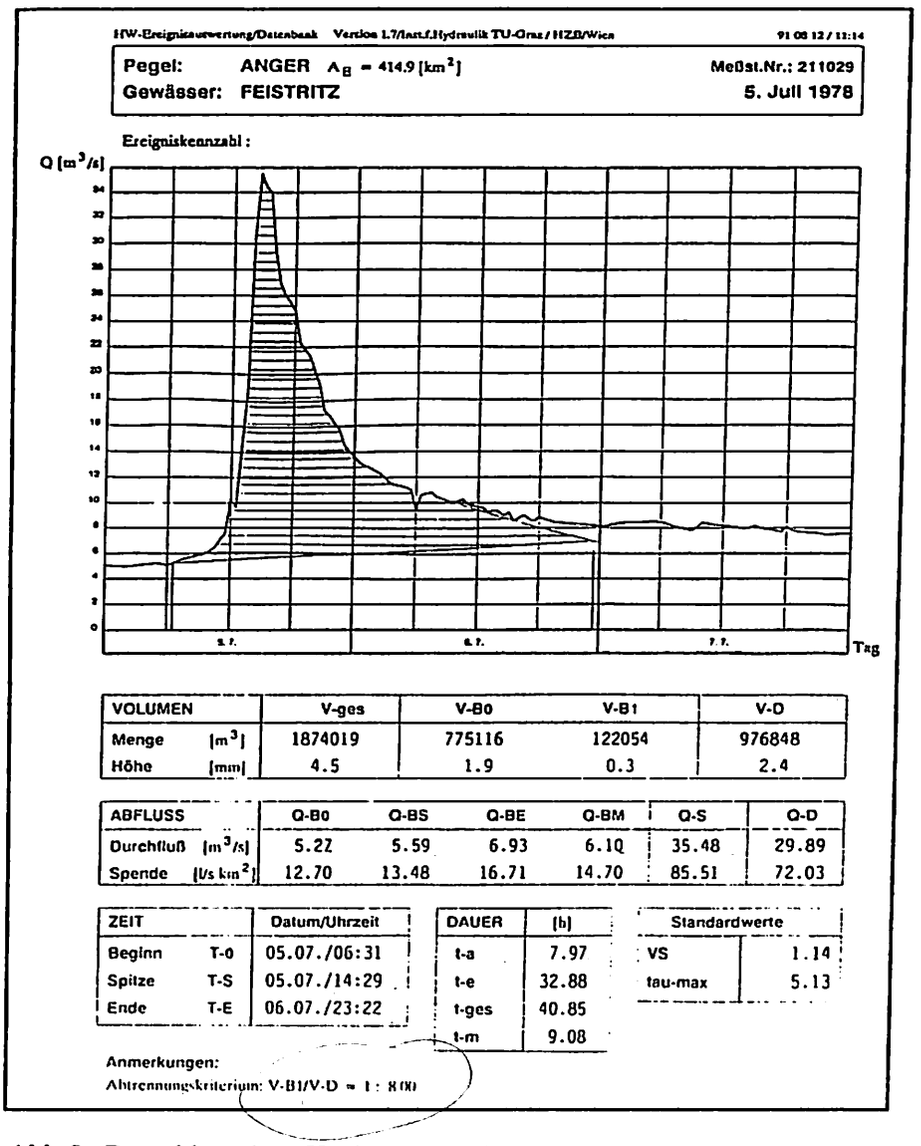





DIGITALISIEREN VON W-GANGLINIEN
Meßstellennummer, Bearbeiter
Eingabe Zeitraum und Raster unten, oben Abtasten "Raster-Rechteck" links unten, rechts unten rechts oben, links oben
Abtasten der Ganglinie (Einzelpunkte, grafische Kontrolle am Bildschirm, Umkehrung oben und unten möglich
Speichern in Datenbank oder neu digitalisieren
ENTSCHLÜSSELN VON W-GANGLINIEN
Meßstellennummer, Pegelschlüsselnummer (Pegelschlüssel als Funktion oder Tabelle) Beginn- und Endzeit (event. verlaufender Übergang zwischen zwei Pegelschlüsseln)
Anzeige des Pegelschlüsselverzeichnisses (Auswahl eines oder zweier Schlüssel)
Anzeige der Ganglinienverzeichnisses
Anzeige des Pegelschlüssels
PEGELSCHLÜSSEL ERSTELLEN / EDITIEREN
Meßstellennummer, Pegelschlüsselnummer
Neueingabe oder Editieren einer W-Q-Tabelle oder Funktion (mehrteilig) und Speichern in Pegelschlüsseldatenbank
Anzeige des Pegelschlüsselverzeichnisses
AUTOMATISCHE EREIGNISAUSWAHL
Meßstellennummer
Schwellenwert für Qs
mittlere Anzahl N von Spitzen/Jahr
Miterfassung aller Jahreshochwasser JA/NEIN
Zeitraum (Jahre)
Ausgabe auf Bildschirm (editierbar) oder nur File
KONVERTIERUNG VON Q-DATENSÄTZEN
Eingabe Jahr, Rohdatenverzeichnis
Zerlegen der Rohdaten in "Einzelpegelfiles"
Konvertieren der "Einzelpegelfiles" und Überspielen in Ganglinlendatenbank (ev. Genauigkeitskriterium)

4. Anwendung

Das entwickelte Programmpaket wurde an Hand der Meßdaten von 4 österreichischen Pegelanlagen mit unterschiedlichen Regimebedingungen und Einzugsgebietsgrößen zwischen 62,5 km² und 9480,0 km² erprobt. In weiterer Folge ist neben einer Ergänzung des Programmpaketes die systematische Auswertung aller Pegelanlagen, deren Daten die erforderlichen Voraussetzungen erfüllen, abschnittsweise für die einzelnen Flußgebiete vorgesehen.



VOLUMEN		V-ges	V-B0	V-B1	V-D
Menge	[m³]	1874019	775116	122054	976848
Höhe	[mm]	4.5	1.9	0.3	2.4

ABFLUSS		Q-B0	Q-BS	Q-BE	Q-BM	Q-S	Q-D
Durchfluß	[m³/s]	5.22	5.59	6.93	6.10	35.48	29.89
Spende	[l/s km²]	12.70	13.48	16.71	14.70	85.51	72.03

ZEIT		Datum/Uhrzeit
Beginn	T-0	05.07./06:31
Spitze	T-S	05.07./14:29
Ende	T-E	06.07./23:22

DAUER	[h]
t-a	7.97
t-e	32.88
t-ges	40.85
t-m	9.08

Standardwerte	
VS	1.14
tau-max	5.13

Anmerkungen:
Abtrennungskriterium: V-B1/V-D = 1 : 8.00

Abb.3: Datenblatt eines Hochwasserereignisses
Рис.3: Вывод данных паводочного события на печать
Fig.3: Data sheet of a flood event

5. Literaturverzeichnis

Bergmann H. & B.Sackl: Determination of design flood hydrographs based on regional hydrological data. IAHS-Publ.no.181, Baltimore, 1989.

Bergmann H. & B.Sackl: Development of a flood data base and its application in water resources mamagement. IAHS-Publ.no.197, Bejing, 1990.

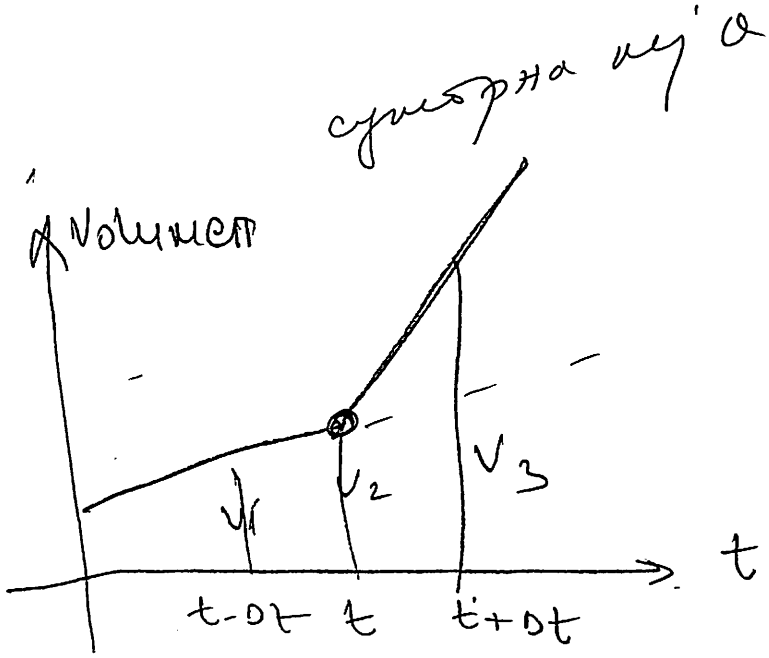
DIN 4049, Teil 1, Hydrologie. DIN Deutsches Institut für Normung E.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, Köln, 1979.

Dyck S.: Angewandte Hydrologie, Teil 2, 2.Aufl., Verlag W.Ernst & Sohn, Berlin, München, 1980.

Anschrift der Verfasser:

o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Heinz Bergmann
Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Dr. techn. Bernhard Sackl
Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Vilmos Vasvari

Institut für Hydromechanik Hydraulik und Hydrologie
Technische Universität Graz
Mandellstraße 9/I., A-8010 Graz, Österreich



v_1
v_2
v_3
t
t-Δt
t
t+Δt

4.5

Regionalisierung von Bemessungshochwasserscheiteln unter GIS-Nutzung

Andreas Krone & Michael Schramm

Kurzfassung

Für das Erzgebirge (Freistaat Sachsen) wurde ein empirisches Verfahren entwickelt, das die Ermittlung von Bemessungshochwasserscheiteln mit Wahrscheinlichkeitsaussage für unbeobachtete Einzugsgebiete ermöglicht. Dieses Verfahren beruht auf einer Mehrfachregression der HQ-Werte verschiedener Wiederkehrsintervalle langjährig beobachteter Pegel mit Geofaktoren wie Einzugsgebietsgröße, mittleres Geländegefälle, Waldanteil und einem Formfaktor.
In diesem Beitrag wird die Anwendung des Verfahrens für Einzugsgebiete im Thüringer Wald vorgestellt. Die Ermittlung der Geofaktoren erfolgt dabei unter Nutzung des Geo-Informationssystems (GIS) ARC/INFO. Auf diesem Wege ist eine sehr effektive Bestimmung der benötigten Geofaktoren möglich.
Die Übertragbarkeit der beschriebenen Methodik zur Ermittlung von Geofaktoren mittels GIS ist problemlos möglich.

Regionalisation of design flood crests using GIS

Summary: An empirical method was developed for an upland region in Saxony which makes it possible to determine design flood crests with probability statements for unobserved catchment areas. The method is based on a multiple regression of the yearly maximum flood water discharges with different return periods of long term observed gauges with geofactors like catchment area, mean hill slope, forest area and a shape factor.
In this report the application of the method to catchment areas in Thuringia is presented. Geo-factors were determined by using the GIS ARC/INFO. In this way the necessary geo-factors can be obtained very effectively.
The presented method for the determination of geo-factors using GIS can be transfered without problems.

1. Einleitung

In der wasserwirtschaftlichen Praxis steht häufig die Aufgabe, für unbeobachtete Flußquerschnitte wahrscheinlichkeitsbehaftete Hochwasserangaben bereitzustellen. Für diese Fälle, in denen die Hilfsmittel der klassischen Extremwertstatistik nicht eingesetzt werden können, liegt es nahe, eine befriedigende Lösung über eine Verallgemeinerung der Erkenntnisse aus langzeitig beobachteten Pegeln zu finden. Eine entsprechende Methodik wurde für die Mittelgebirgsregion im Freistaat Sachsen entworfen und erfolgreich getestet /1/. Gegenwärtig wird die Methodik auf Einzugsgebiete im Thüringer Wald angewendet, wobei das Geo-Informationssystems (GIS) ARC/INFO zur Parameterermittlung genutzt wird.

2. Methodik bei der Anpassung des Verfahrens auf eine konkrete Region

Das Verfahren beruht auf einer Mehrfachregression der HQ-Werte verschiedener Wiederkehrsintervalle langjährig beoachteter Pegel mit verschiedenen Geofaktoren. Eine Anwendung ist daher nur in Regionen sinnvoll, die aufgrund der meteorologischen und geologischen Bedingungen als hochwasserhomogen betrachtet werden können.
Die Anpassung der Methodik auf eine konkrete Region erfolgt in fünf Schritten:

1. Auswahl von Pegeln mit mindestens 15- bis 20-jährigen homogenen Reihen der maximalen Jahresabflüsse, die die Region möglichst gleichmäßig überdecken,
2. Approximation der damit vorliegenden empirischen Verteilungen der Jahres-HQ-Werte durch analytische Extremwertverteilungen,
3. Ablesen der HQ-Werte für vorgegebene Wiederkehrsintervalle (2, 5, ..., 1000 Jahre) an diesen Verteilungen,
4. Ermittlung von Geofaktoren für die zu den Pegeln gehörenden Einzugsgebiete, welche die Hochwasserbildung beeinflussen,
5. Herstellung des Zusammenhangs zwischen den HQ-Werten verschiedener Wiederkehrsintervalle und den jeweiligen Geofaktoren über eine multiple Regressionsanalyse.

Als analytische Extremwertverteilungen werden dabei die:

- allgemeine Extremwertverteilung

$$F(x) = \exp\left(-\left(1-a\right) * \left(\frac{x-c}{d}\right)^{1/a}\right) \quad \text{mit } a \neq 0,\ a > -1,\ d > 0 \quad \text{und die}$$

- Mischverteilung

$$F(x) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)\right) * \exp\left(-\exp\left(-\frac{x-c1}{d1}\right)\right) \quad \text{mit } d,\ d1 > 0$$

herangezogen.
Für die Approximation der empirischen Verteilungen der HQ-Werte durch analytische Extremwertverteilungen steht das PC-Programm HQ-EX zur Verfügung. Dieses Programm erlaubt die Schätzung mehrparametriger Extremwertverteilungen, die Ermittlung eines Gütekriteriums und eine gemeinsame graphische Darstellung der jeweiligen empirischen Verteilung mit den angepaßten analytischen Verteilungen. Die Einbeziehung historischer Hochwasser, d.h. rekonstruierbarer Hochwasser aus weit zurückliegender Vergangenheit, ist möglich.

Anhand des allgemeinen Regressionsansatzes:

$$Y = a(0) + a(1) * X(1) + a(2) * X(2) + \ldots + a(n) * X(n)$$ mit Y = HqT und X(n) = Geofaktoren,

erfolgt dann die Variation ausgewählter Geofaktoren zur Ermittlung der besten Variablenkombination.
Als maßgebliche Geofaktoren wurden für das Erzgebirge :

- die Größe A_E des Einzugsgebietes,
- ein Formfaktor L^2/A_E mit L als Länge des Hauptflusses,
- das mittlere Geländegefälle I_{AE},
- der Waldanteil A_{WALD},
- der langjährige mittlere Niederschlag P im Einzugsgebiet sowie
- das langjährige mittlere Jahresabflußverhältnis R/P

ausgewählt.
Bei der praktischen Bestimmung von Bemessungshochwasserscheiteln für unbeobachtete Flußquerschnitte innerhalb der betrachteten Region werden dann die Geofaktoren für das entsprechende Einzugsgebiet ermittelt und in die ausgewählten Regressionsbeziehungen eingesetzt. Für diese Aufgabe wurde das Programm HQ-REGIO entwickelt. Dieses Programm berechnet anhand der für beliebige Flußquerschnitte ermittelten Geofaktoren Bemessungshochwasserscheitel verschiedener Wiederkehrsintervalle.

3. Nutzung des GIS ARC/INFO zur Ermittlung von Geofaktoren

Sowohl bei der Aufstellung der Regressionsgleichungen für die beobachteten Einzugsgebiete der betrachteten Region als auch für die Ermittlung der Bemessungshochwasserscheitel für beliebige Flußabschitte ist die Bestimmung der entsprechenden Geofaktoren notwendig. Die Ermittlung dieser Geofaktoren erfolgte bislang manuell aus entsprechenden Kartenwerken. Bei der Anwendung des Verfahrens im Routinebetrieb ist die Bestimmung der Geofaktoren für eine Vielzahl beliebiger Flußquerschnitte, für die die Hochwasseraussagen getroffen werden sollen, mit einem hohen manuellen Aufwand verbunden.
Für die Anwendung des Verfahrens auf das Einzugsgebiet der oberen Werra im Thüringer Wald wurde deshalb bereits bei der Aufstellung der Regressionsbeziehungen der einzelnen Pegel für die Ermittlung der Geofaktoren auf einen GIS-Einsatz orientiert. Zur Aufstellung der Regressionsbeziehungen wurden 39 langjährig beobachtete Pegel mit einer Gesamteinzugsgebietsgröße von ca. 3000 km² ausgewählt.
Grundlage für den GIS-Einsatz war der Aufbau einer digitalen Datenbasis und die Entwicklung spezieller Anwendungen, um eine automatisierte Bestimmung der Geofaktoren zu ermöglichen.
In die digitale Datenbasis wurden folgende Informationen als Primärdaten aufgenommen:

- Höhendaten als Höhenlinien und Höhenpunkte aus topographischen Karten,
- Gewässernetz aus topograhischen Karten,
- Landnutzungsdaten auf der Basis klassifizierter Satellitendaten (LANDSAT-TM) und
- Isolinien der langjährigen Mittel des Niederschlags und des Abflusses aus thematischen Karten.

Für die Umsetzung des Verfahrens als GIS-Anwendung stand vor allem die Aufgabe, die Ausgrenzung von Teileinzugsgebieten für die Bemessungsquerschnitte möglichst effektiv zu gestalten. Dabei wurde der Weg über ein digitales Geländemodell gewählt, wobei das Programm TIN-CASCADING /2/ genutzt werden konnte.
Die Grundlage dieses Programmes wird durch das ARC/INFO-Modul TIN gebildet. Dieses Modul berechnet aus Höheninformationen ein digitales Geländemodell. Die Geländeoberfläche wird dabei durch ein Dreiecksnetz (sog. TIN - Triangular Irregular Network) beschrieben. In der sich anschließenden Kaskadierung wird jedes Dreieck als Abflußelement für den Oberflächenabfluß betrachtet. Die Dreieckskanten werden entsprechend der Neigung ihrer rechts- und linksseitigen Hangflächen als konkav oder konvex eingeteilt. Trifft der Abfluß eines Abflußelements auf eine konkave Dreieckskante, so wird der Abfluß entlang dieser Kante (sog. Tallinie) weitergeführt. Bei vollständiger Kaskadierung eines Einzugsgebietes besteht für jedes Abflußelement ein Fließweg zum Pegel und zur Einzugsgebietsgrenze. Für jedes Dreieck werden die Fläche, das Gefälle, die Exposition sowie bis zu zwei Nachfolgedreiecke, in die das entsprechende Dreieck entwässert, abgespeichert. Eine Einzugsgebietsfläche ergibt sich somit aus allen Abflußelementen, deren Oberflächenabfluß einen gewählten Punkt im Fließgewässer erreicht.
In der weiteren Bearbeitung wurden die Einzugsgebietsgrenzen für die ausgewählten Pegel ermittelt, digitalisiert und für diese Gebiete mit dem Programm TIN-CASCADING das digitale Geländemodell berechnet. Die für die Einzugsgebiete errechneten TIN-Strukturen wurden in die Datenbasis aufgenommen. Abbildung 2 zeigt die digitalisierten Höheninformationen und das daraus berechnete Dreiecksnetz für ein Teileinzugsgebiet.
Die Bestimmung der restlichen Geofaktoren erfolgte unter GIS-Nutzung durch Überlagerung der ermittelten Einzugsgebietsgrenzen mit den anderen Informationsebenen der Datenbasis sowie weiteren geometrischen Operationen. Die Bestimmung der einzelnen Geofaktoren soll im folgenden kurz dargestellt werden.
Die Einzugsgebietsgröße ergibt sich aus der Summe der Dreiecksflächen des Einzugsgebietes. Das mittlere Geländegefälle wird als flächengewichtetes Mittel der Hangneigung der Dreiecke im Einzugsgebiet berechnet. Für den Parameter Waldanteil erfolgt die Bestimmung durch geometrische Verschneidung der klassifizierten Satellitendaten mit der Einzugsgebietsfläche und Summierung der Raster mit der Klassifikation Wald. Die Berechnung der Parameter langjähriger mittlerer Niederschlag und Jahresabfluß erfolgt durch geometrische Verschneidung der Einzugsgebietsfläche mit den in der Datenbasis gespeicherten Isolinien als gewichtetes Mittel der Niederschlags- und Abflußhöhen.
Nach Fertigstellung der Datenbasis und der Bestimmung der Geofaktoren werden zur Zeit die Extremwertverteilungen für die ausgewählten 39 Einzugsgebiete geschätzt und die Regressionsanalyse durchgeführt.
Die bei der Bestimmung der Geofaktoren erstellte Methodik wurde in das Programm HQ-REGIO integriert und ermöglicht damit eine automatisierte Bestimmung der Bemessungs-hochwasserscheitel für beliebige unbeobachtete Flußquerschnitte.
Die Vorgehensweise ist in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt. In Abbildung 1 ist das Einzugsgebiet 20 dargestellt, für das an dem markierten Flußquerschnitt die Bemessungshochwasserscheitel bestimmt werden sollen. Wird der entsprechende Punkt im Gewässernetz interaktiv am Bildschirm angewählt, ermittelt das Programm alle bis zu diesem Punkt entwässernden Dreiecke und erzeugt, wie in Abbildung 2 dargestellt, das Teileinzugsgebiet für den Bemessungspunkt. Die ermittelte Teileinzugsgebietsfläche wird daraufhin mit den anderen Informationsebenen der Datenbasis verschnitten, die Geofaktoren ermittelt und die Bemessungshochwasserscheitel berechnet.

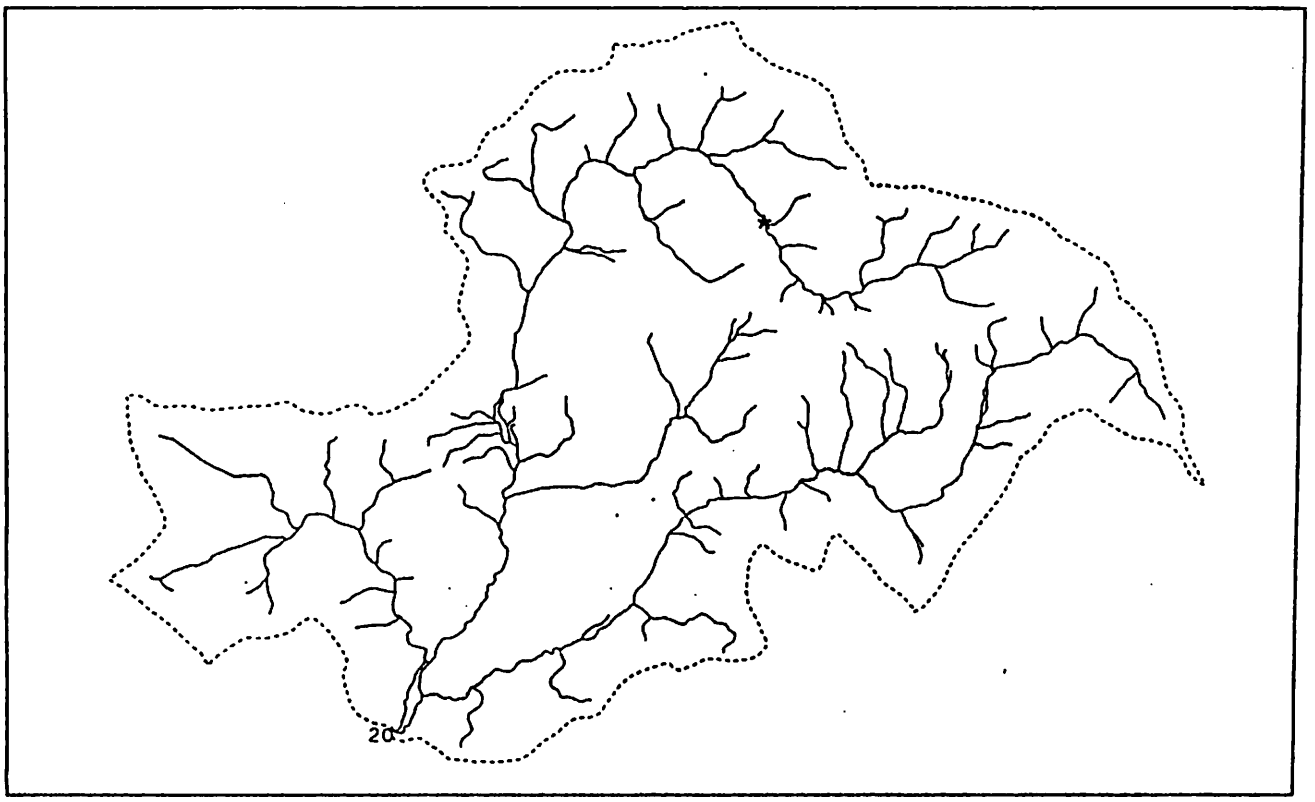


Abbildung 1: Einzugsgebiet Nr. 20 mit Gewässernetz und Bemessungspunkt *

Figure 1: Basin No. 20 with hydrographical network and point of sizing *

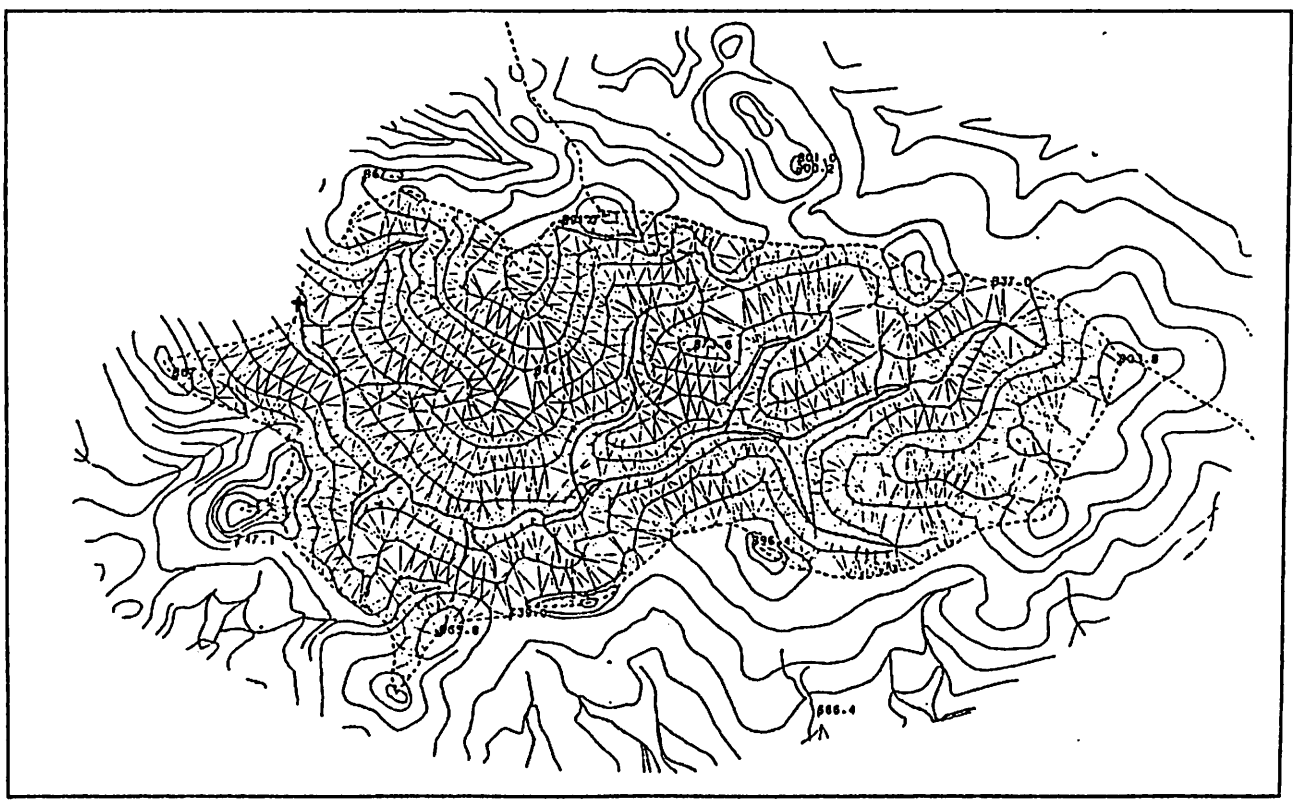


Abbildung 2: Teileinzugsgebietsfläche für den Bemessungspunkt *, die aus der TIN-Struktur der Datenbasis ermittelt wurde

Figure 2: Subbasin for point of sizing * which was determined from the TIN-structure of the data base

4. Resümee

Für Einzugsgebiete im Thüringer Wald konnten durch die Nutzung des GIS ARC/INFO die benötigten Geofaktoren effektiv bestimmt werden. Für den Routinebetrieb des vorgestellten Verfahrens zur Ermittlung von Bemessungshochwasserscheiteln kann durch die GIS-Nutzung der manuelle Aufwand deutlich reduziert werden.
In der wasserwirtschaftlichen Praxis werden bei einer Vielzahl von Verfahren und Methoden Geofaktoren benötigt. Der Einsatz von Geo-Informationssystemen bietet sich dabei vor allem dann an, wenn wie bei dem beschriebenen Verfahren regelmäßig Geofaktoren bestimmt werden müssen und deren Ermittlung mit einem hohen manuellen Aufwand verbunden ist. Mit der GIS-Nutzung kann neben einer Verringerung des Aufwandes auch eine Senkung des subjektiven Faktors bei der Bestimmung erreicht werden. Die Übertragbarkeit der beschriebenen Methodik zur Bestimmung von Geofaktoren auf andere Anwendungen ist problemlos möglich.
Untersuchungen zur Übertragbarkeit des Regionalisierungsverfahrens zur Bestimmung von Bemessungshochwasserscheiteln auf weitere Mittelgebirgsregionen wird empfohlen.

5. Literaturverzeichnis

/1/ Fügner, D. ; Schramm, M. : Neue Methoden zur Berechnung von Hochwasserscheiteldurchflüssen mit Wahrscheinlichkeitsaussage. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, H. 5, (1990).

/2/ ESRI : TIN - CASCADING ARC/INFO based drainage model. Nutzerhandbuch. ESRI Gesellschaft für Systemforschung und Umweltplanung mbH.

Anschriften der Verfasser

Dipl.-Hyd. Andreas Krone
WASY GmbH
Wachtelstr. 26
O-1183 Berlin

Dr. sc. nat. Michael Schramm
WASY GmbH Zweigbüro Dresden
Goetheallee 21
O-8033 Dresden

Themenbereich 5
Тема 5

Auwirkungen möglicher Klimaänderungen und anthropogener Einflüsse, Veränderungen einzelner hydrologisch-meteorologischer Elemente; Folgerungen für Hydrologie und Wasserwirtschaft

Результаты возможных климатических изменений и антропогенных воздействий, изменение отдельных гидролого-метеорологических элементов; влияние на гидрологический режим и водное хозяйство

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

LANGFRISTIGE SCHWANKUNGEN DES NIEDERSCHLAGS IM DONAUEINZUGSGEBIET

МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ ОСАДКОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ДУНАЙ

LONG TERM FLUCTUATIONS OF PRECIPITATION IN THE DANUBE RIVER BASIN

O. Behr
О. Бер

Kurzfassung: Im Rahmen der regionalen IHP-Zusammenarbeit der Donauländer wurde in einem Forschungsprojekt die langfristige Entwicklung des Niederschlags im Donauraum untersucht. Als Datengrundlage dient eine Datenbank, in der eine repräsentative Anzahl monatlicher und täglicher Beobachtungsreihen des Niederschlags aus den Donauländern gesammelt wurde. Ziel der Auswertungen ist die Gewinnung flächendeckender Informationen zur Niederschlagsentwicklung, die in der Wasserbewirtschaftung genutzt werden können.

Резюме: В рамках регионального сотрудничества придунайских стран по МГП была принята научно-исследовательская программа, в ходе которой исследовалось долгосрочное развитие осадков в бассейне Дуная. Основой служил банк данных, в котором было собрано репрезентативное число месячных и сугочных рядов наблюдений. Цель обработки данных - получение необходимой для водохозяйственного планирования информации о развитии осадков, применяемой по всей площади.

Summary: Within the framework of the regional IHP-cooperation of the Danubian countries a project was carried out about long term characteristics of the precipitation process in the Danube river basin. A degital data base was established containing a representative number of monthly and daily precipitation time series. The intention of this research was to gain a continuous information about precipitation useful for practical water management strategies.

1. Einleitung

Anläßlich der 2. Arbeitssitzung der regionalen IHP-Arbeitsgruppe für Hydrologie der Donauländer im Jahre 1988 wurden vier Projekte zur Durchführung beschlossen. Eines davon ist das hier vorgestellte Projekt "Langfristentwicklung des Niederschlags im Donauraum".

Das Projekt, wie auch die übrigen Projekte der Arbeitsgruppe, sind *Gemeinschaftsprojekte* der Donauländer. Die einzelnen Länder tragen durch Beistellung von Daten und Unterlagen unmittelbar zum Projekt bei. Die Bearbeitung erfolgt sodann einheitlich unter der Projektleitung eines Landes, wobei jedoch die übrigen Länder begleitend zur Arbeit beitragen und auch den Entwurf des Endberichtes aus ihrer Fachkenntnis und der Kenntnis ihres Landes zusätzlich redigieren.

Für das vorliegende Projekt wurde die Projektleitung von Österreich beigestellt und durch die Unterstützung seitens des *Österreichischen Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung* getragen.

Da der Endbericht, auf den hier als weitere Informationsquelle ausdrücklich verwiesen werden soll, noch nicht von den einzelnen Donauländern begutachtet wurde, wird hier eine Vorinformation über die erzielten Ergebnisse dargestellt. Dabei wird der Akzent auf die Auswertung der Reihen täglicher Niederschlagshöhen gelegt. Dies deshalb, weil dort der eigentlich innovative Wert der Arbeit liegt und es sich schließlich erweist, daß auch bei der Betrachtung monatlicher und jährlicher Niederschlagshöhen die Struktur des Niederschlagsprozesses stärker im Auge behalten werden sollte. Nicht zuletzt ergibt sich eine solche Akzentuierung auch aus der Fragestellung, praktisch in der Wasserwirtschaft verwertbare Ergebnisse zu erzielen.

Gemäß der Projektziele steht das Aufzeigen von Phänomenen, Schwankungsbereichen und ihren Folgen in der praktischen Wasserbewirtschaftung im Vordergrund. Die Interpretation der Ergebnisse im Rahmen großräumiger meteorologischer Vorstellungen ist dabei nicht Gegenstand der Bearbeitung, sollte aber jedenfalls auch behandelt werden.

2. Datenbasis

An *monatlichen Niederschlagshöhen* liegen etwa 300 Reihen vor (Abb. 1). Fast sämtliche Reihen sind länger als 50 Jahre, wobei eine beachtlich große Anzahl sehr langer Reihen enthalten ist. So sind etwa 10 Reihen länger als 150 Jahre, 41 länger als 125 Jahre, 127 länger als 100 Jahre, 200 länger als 90 Jahre.

An *langjährigen mittleren Niederschlagshöhen auf Monatsbasis* für charakteristische Zeitabschnitte liegen für die Obere Donau (Deutschland, Österreich, Ungarn) Werte aus dem gesamten Stationsnetz vor, für andere Länder nur eine repräsentative Auswahl.

An *täglichen Niederschlagshöhen* sind etwa 30 Reihen vorhanden. Die Reihen sind im Durchschnitt beträchtlich lang. Für 10 Reihen sind 100 oder mehr Beobachtungsjahre vorhanden (Abb. 1).

Die Daten werden in 2 getrennten Datenbanken geführt:

- Datenbank der Monatsniederschläge
  Diese enthält die Daten von Stationen mit Monatswerten sowie auch jener Stationen, für die nur langjährige mittlere Monatswerte bekannt sind. Die Speichereinheit der Daten sind 10 - Jahresblöcke.
- Datenbank der Tagesniederschläge
  Diese enthält die gesammelten Reihen der Tagesniederschläge mit Abspeicherung nach Jahreseinheiten.

Zu jeder Meßstelle sind auch Grundinformationen (Lagekoordinaten, Seehöhe etc.) im Datenbestand enthalten.

3. Auswertung der Niederschlagsentwicklung

Die häufig behandelte Fragestellung nach der Entwicklung der Niederschlagshöhen in jährlichen oder monatlichen Zeitschritten ist für wasserwirtschaftliche Belange zu erweitern:

- Die summierten Niederschlagshöhen sind mit dem Problem der systematischen Beobachtungsfehlbeträge belastet. Die daraus resultierenden Vorbehalte sind bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.
- Für praktische Fragen ist nicht nur die Niederschlagshöhe eines längeren Zeitabschnitts, sondern auch die Struktur des Niederschlagsprozesses von großer Bedeutung.

Aus dieser Gewichtung der Fragestellungen wird hier schwerpunktmäßig die Auswertung der täglichen Niederschlagshöhen dargestellt.

4. Auswertung von täglichen Niederschlagshöhen

4.1 Dargestellte Auswertungen

Die unter Punkt 2 beschriebene Datenbank umfaßt lediglich die Tagessummen des Niederschlags, d.h. bei Schnee das Wasseräquivalent. Eine Kennzeichnung der Art des Niederschlags ist leider nur in so wenigen Fällen im Datenbestand vorhanden, daß keine diesbezügliche Auswertung möglich ist.

Die hier dargestellten auszugsweisen Ergebnisse konzentrieren sich auf die Entwicklung von Parametern des Niederschlagsprozesses während längerer Zeitabschnitte. Die Ergebnisse machen dabei deutlich, warum gewisse statistische Methoden (z.B. Extremwertstatistik, statistische Verteilung von Trocken- und Feuchtperioden) ohne Berücksichtigung der Zeitreiheneigenschaften für die vorliegenden Reihen nicht anwendbar sind.

4.2 Niederschlagshäufigkeit

Die Niederschlagshäufigkeit, bei dem vorliegenden Zeitschritt die Anzahl der Niederschlagstage, ist eine häufig verwendete Kennzahl zur Charakterisierung des Niederschlags. Diese Größe ist nicht unmittelbar an die Mengenmessung geknüpft, und daher auch kaum mit dem Mangel des systematischen Beobachtungsfehlbetrags behaftet. Eine Änderung der Meßumstände, ja selbst geringfügige Verlegungen des Meßortes dürften kaum wesentliche Homogenitätseinbußen bewirken. Probleme könnten allenfalls bei einer im Laufe der Zeit unterschiedlichen Erfassung sehr geringer Niederschläge bestehen.

Abb. 2 a zeigt die Entwicklung der Niederschlagshäufigkeit für drei sehr lange Beobachtungsreihen im mitteleuropäischen Raum: Prag, Kremsmünster und Padua. Für die Reihe von Padua liegen im Rahmen des Projekts keine Daten vor, sie wurde der Literatur entnommen /4/. Auffallend ist der Gleichklang im Verlauf der Reihen von Kremsmünster und Padua, wobei aber in Kremsmünster eine kräftig steigende Tendenz vorhanden ist. Alle Anzeichen deuten darauf hin, daß Ähnliches auch an anderen Orten der Fall ist. Die Reihen von Innsbruck und Hurbanovo (Abb. 2 c) etwa weisen auch in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts einen vergleichbaren Anstieg auf.

Insgesamt lassen sich etwa 4 Zonen ähnlichen Verhaltens ableiten (Abb. 2 b-e). Interessant ist ein Gebiet entlang der Adriaküste, von Norden nach Süden gekennzeichnet durch die Stationen Bihać, Bugojno und Kolasin (Abb. 2 d). Ein deutliches Minimum ist hier um 1920 zu erkennen. Für die kontinentaleren Gebietsteile ist am ehesten mit einer durchgehenden Tendenz zum Anstieg der Niederschlagshäufigkeit zu rechnen (Abb. 2 e).

Erwähnenswert ist schließlich noch, daß ab etwa 1950 im gesamten Donauraum eine Tendenz zum Ansteigen der Niederschlagshäufigkeit vorherrschend ist. Das in großen Teilen des Donaugebiets

vorhandene relative Minimum der Niederschlagshäufigkeit um 1950 zeigt übrigens eine bemerkenswerte Parallelität zur Entwicklung der Lufttemperatur, wie sie etwa aus der bekannten Temperaturreihe für die Nördliche Hemisphäre hervorgeht.

4.3 Länge von Trockenperioden

Bei der Betrachtung von zusammenhängenden Zeitabschnitten, die gewisse Niederschlagskriterien erfüllen, ist die Analyse von niederschlagsfreien Zeiten (Trockenperioden) von besonderer Bedeutung.

Als Indikator für das langfristige Verhalten von Trockenperioden kann z.B. die mittlere Länge von niederschlagsfreien Zeiten herangezogen werden (Abb. 3). Es ist dies zwar keine unmittelbar wasserwirtschaftlich relevante Größe, sie entsteht jedoch durch ausreichende Mittelbildung.

Interessant ist die Tendenz zu längeren niederschlagsfreien Zeiten an der Mittleren Donau, beispielhaft dargestellt an den Reihen Innsbruck, Hurbanovo und Keszthely (Abb. 3). Dies bestätigt auch indirekt die festzustellende Abnahme der gesamten Niederschlagshöhe in dieser Region.

Etwas überraschend ist das Verhalten der Reihe von Prag. Nach jeweils einer relativ raschen Verlängerung der niederschlagsfreien Zeiten sind über Jahrzehnte dauernde Phasen kontinuierlicher Verkürzung festzustellen. Ähnliches Verhalten ist auch für die Station Kondoros gegeben.

4.4 Niederschlagsintensität

Die mittlere Niederschlagsintensität (Niederschlagshöhe, bezogen auf die Anzahl der Niederschlagstage) ist mit eben den Homogenitätsproblemen behaftet, von denen auch die Niederschlagshöhen selbst betroffen sind.

Als Beispiel einer Auswertung der Niederschlagsintensität wird der Verlauf der mittleren Niederschlagsintensität für das Sommerhalbjahr (1. April bis 30. September) herangezogen (Abb. 4).

Exemplarisch sind hier die Intensitäten einer Reihe von Stationen dargestellt. Es sind dies, ungefähr von Norden nach Süden fortschreitend die Stationen Innsbruck, Klagenfurt, Hurbanovo, Keszthely und Osijek. Als gemeinsames Merkmal ist eine Abnahme der Intensitäten bis etwa 1920 festzustellen, die in ihrem Gleichklang und ihrer Größenordnung jedenfalls als real anzusehen ist. Ab 1920 ist eine leicht steigende (Innsbruck), eher gleichbleibende (Klagenfurt, Hurbanovo) und leicht fallende (Keszthely, Osijek) Tendenz zu verzeichnen. Der Oberlauf der Donau (Kempten, aber auch Prag) sowie Gebiete im Unterlauf (z.B. Bucureşti) sind eher durch steigende Intensitäten gekennzeichnet. Teile des oberen und mittleren Donaulaufs (z.B. Kremsmünster, Keszthely) sind - wie in anderen Parametern auch - durch eine stagnierende bis fallende Tendenz gekennzeichnet.

5. Auswertung von monatlichen Niederschlagshöhen

Bei der Auswertung monatlicher und jährlicher Niederschlagshöhen tritt zwangsläufig das Problem der Reiheninhomogenität stärker in den Vordergrund. Eine Homogenisierung langer Beobachtungsreihen ist stets mit größeren Unsicherheiten behaftet.

Die Reihenhomogenität bezüglich der gemessenen Niederschlagshöhe ist aber auch durch einen weiteren Umstand "bedroht". Wie im vorhergehenden Abschnitt dargelegt, ist die Struktur des Niederschlagsprozesses nicht nur von Jahr zu Jahr relativ variabel, sondern auch längerfristigen systematischen Tendenzen unterworfen. Diese bisher in diesem Ausmaß nicht bewußten Veränderungen (z.B. der Anzahl der Niederschlagstage) haben jedoch Rückwirkungen auf die Größe der Beobachtungsfehlbeträge. Noch augenscheinlicher ist dieses Problem bei einer Veränderung des Anteils der festen Niederschläge am Gesamtniederschlag. So kann die mit einer Temperaturerhöhung verbundene Verringerung des Schneeanteils zufolge der geringeren Fehlbeträge bei flüssigem Niederschlag eine real nicht vorhandene Erhöhung des Gesamtniederschlags vortäuschen. Zusammenfassend muß also gesagt werden, daß selbst die bezüglich Meßort, Meßgerät und Meßmodalitäten völlig homogenen Meßreihen bezüglich der gemessenen Niederschlagshöhen inhomogen sein können.

Der Reiheninhomogenität der Einzelreihen kann man durch regionale Mittelbildung in gewissen Grenzen begegnen. Die Regionen sind dabei etwa den Gebieten mit einheitlichen Niederschlagsschwankungen anzupassen. Auf Staatsgebiete bezogene Mittelwerte haben natürlich für sich auch ihre Berechtigung, sind aber für die Deutung der Niederschlagsentwicklung wenig geeignet, da sie zu einer Verwischung der Phänomene führen.

Ohne auf Details eingehen zu können, zeigt sich eine Tendenz zur Abnahme der Gesamtniederschläge, besonders der Sommerniederschläge in einem zentralen Beckengebiet, etwa im Osten Österreichs, Teilen der Slowakei und der Ungarischen Tiefebene. Wie im vorigen Kapitel gezeigt, sind diese Tendenzen auch in den Strukturparametern des Niederschlags enthalten und zeigen sich übrigens auch in den Abflüssen an der Mittleren Donau (z.B. Pegel Nagymaros und Bogojevo). Man kann die Realität dieser Erscheinungen also kaum bezweifeln.

Dem steht jedoch eine mehr oder minder ausgeprägte Neigung zur Niederschlagszunahme im Oberlauf der Donau und größeren Teilen der Unteren Donau gegenüber, die auch in den Strukturparametern des Niederschlags enthalten sind.

Erwähnenswert ist weiters schließlich, daß für einige Jahre der Reihe 1851-1865 nahezu im gesamten Donauraum extrem geringe Niederschläge zu verzeichnen sind. Dies wurde bisher vielleicht auch deswegen zu wenig beachtet, weil auf einzelne Länder bezogen nur wenige Aufschlüsse vorhanden sind und diese zumeist unmittelbar am Beginn der Beobachtungsreihen liegen und die Werte so niedrig sind, daß sie einfach als falsch erachtet wurden. Im hier verwendeten Datenbestand sind für diese Zeiten etwa 40 Beobachtungsstationen vorhanden, die ein insgesamt schlüssiges, kohärentes Bild ergeben.

6. Schlußfolgerungen

Vom methodischen Standpunkt aus ergibt sich, daß der Niederschlagsprozeß in seiner Struktur (d.h. in der zeitlichen Abfolge von Niederschlägen in ihrer Größe) nicht zeitlich stabil, sondern längerfristigen Schwankungen, möglicherweise auch Tendenzen, unterworfen ist. Dies macht es unmöglich, zumal aus relativ kurzen Beobachtungsreihen Kenngrößen abzuleiten, die für den Niederschlagsprozeß "an sich" kennzeichnend sein könnten.

Um keinen Fehlschlüssen zu unterliegen, ist es notwendig, die maßgebenden Größen bei wasserwirtschaftlichen Planungen auf ihre zeitliche Stabilität hin zu prüfen. Bei großräumigen Planungen sind dabei auch regionale Differenzierungen zu beachten. Statistische Methoden, die den Niederschlagsprozeß als stationär voraussetzen, sind nicht anwendbar, da die grundlegenden Vorrausssetzungen dafür nicht vorhanden sind.

Die gesamten Niederschlagshöhen sind im Donauraum unterschiedlichen Entwicklungstendenzen unterworfen. Bedauerlicherweise sind derzeit die an sich schon trockenen Gebiete des zentralen Beckenraumes eher von einer Abnahme der Niederschlagshöhen betroffen. Größere Gebietsteile mit vorwiegend großen Niederschlagshöhen lassen vorwiegend eine Zunahme der Niederschläge erkennen. Die Niederschlagshäufigkeit befindet sich generell im Lichte der historischen Reihen auf einem hohen Niveau bzw. in einer ansteigenden Phase.

Den Donauländern ist generell zu empfehlen, einige zusätzliche Anstrengungen zur Aufbereitung möglichst langer Niederschlagsreihen, vor allem täglicher Werte, zu unternehmen. Als dringend wird erachtet, die heutige wasserwirtschaftliche Situation, aber auch die Vegetationsverhältnisse, an den aus den Beobachtungsreihen erkennbaren ungünstigsten Struktureigenschaften des Niederschlags sowie an den extremen Zeiten zu messen.

Generell zeigt sich, daß die zeitliche Entwicklung von Struktureigenschaften des Niederschlags ein sensibler Indikator für Veränderungen ist, der die rein quantitative Analyse zusätzlich stützt und von praktischer Bedeutung ist.

Literaturverzeichnis

/1/ Behr, O. Long-term variability of precipitation in Austria.
Conference on Climate and Water, Helsinki, Sept. 1989; Proceedings Vol.1, pp.93-102.

/2/ Bradley, R.S., Groisman P.Ya. Continental-scale precipitation in the 20th century.
Proc. WMO/IAHS/ETH Workshop on precipitation measurement, St. Moritz, Schweiz, 1989, pp.499-503.

/3/ Brázdil, R. Variation of atmospheric precipitation in the C.S.S.R with respect to precipitation changes in the European region.
Geographia 22, Brno, pp.169, 1986.

/4/ Camuffo, D. Analysis of the Series of Precipitation at Padova, Italy.
Climatic Changes 6, pp.57-77, 1984.

/5/ Diaz, H.F. Analysis of regional scale precipitation fluctuation on decadal time scales.
Proc. WMO/IAHS/ETH Workshop on precipitation measurement, St. Moritz, Schweiz, 1989, pp.505-511.

/6/ Gaijić - Capka, M. Varijabilnost prosjeňog oborinskog režima šire zagrebačke regije (Variability of the Zagreb Area Mean Precipitation Regime).
Rasprave i prikazi, 17, 23-37, 1982.

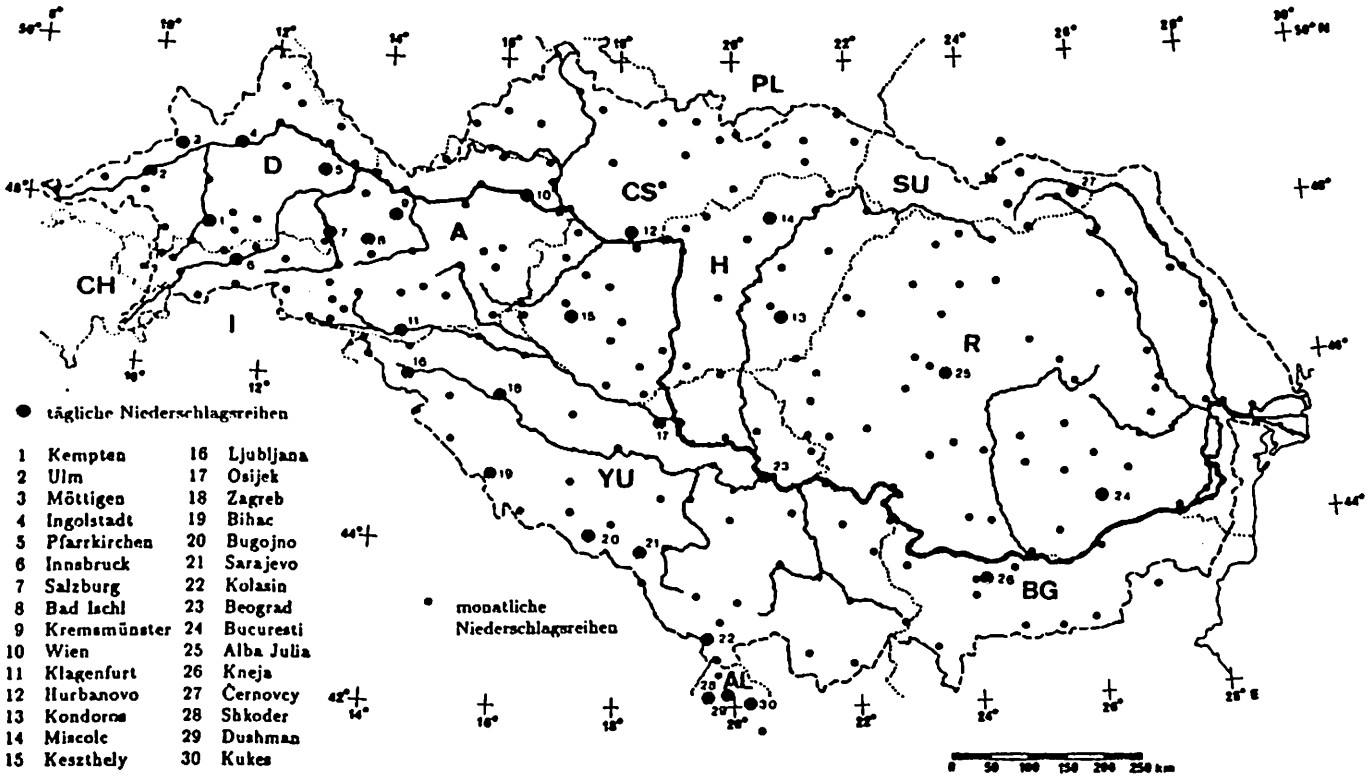
/7/ Koflanovits-Adámy, E., Szentimrey, T. The variation of the precipitation amounts in the Carpathian Basin during the present century.
Idojárás, Vol.90,No.4, 1986.

/8/ Rocznik, K. Die Niederschlagsverhältnisse in Deutschland im Zeitraum 1851-1975.
Meteorol. Rdsch. 29, pp.187-189, 1976.

Anschrift des Verfassers

Oskar Behr
Institut für Hydraulik, Gewässerkunde
und Wasserwirtschaft
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13
A-1040 Wien

Abb. 1
Ausgewählte monatliche und tägliche Niederschlagsreihen
im Donauraum



1	Kempten	16	Ljubljana
2	Ulm	17	Osijek
3	Möttigen	18	Zagreb
4	Ingolstadt	19	Bihac
5	Pfarrkirchen	20	Bugojno
6	Innsbruck	21	Sarajevo
7	Salzburg	22	Kolasin
8	Bad Ischl	23	Beograd
9	Kremsmünster	24	Bucuresti
10	Wien	25	Alba Julia
11	Klagenfurt	26	Kneja
12	Hurbanovo	27	Černovcy
13	Kondorne	28	Shkoder
14	Miscole	29	Dushman
15	Keszthely	30	Kukes

Abb. 2
Langfristige Entwicklung der Niederschlagshäufigkeit
im Donauraum

a) Lange Beobachtungsreihen in Mitteleuropa

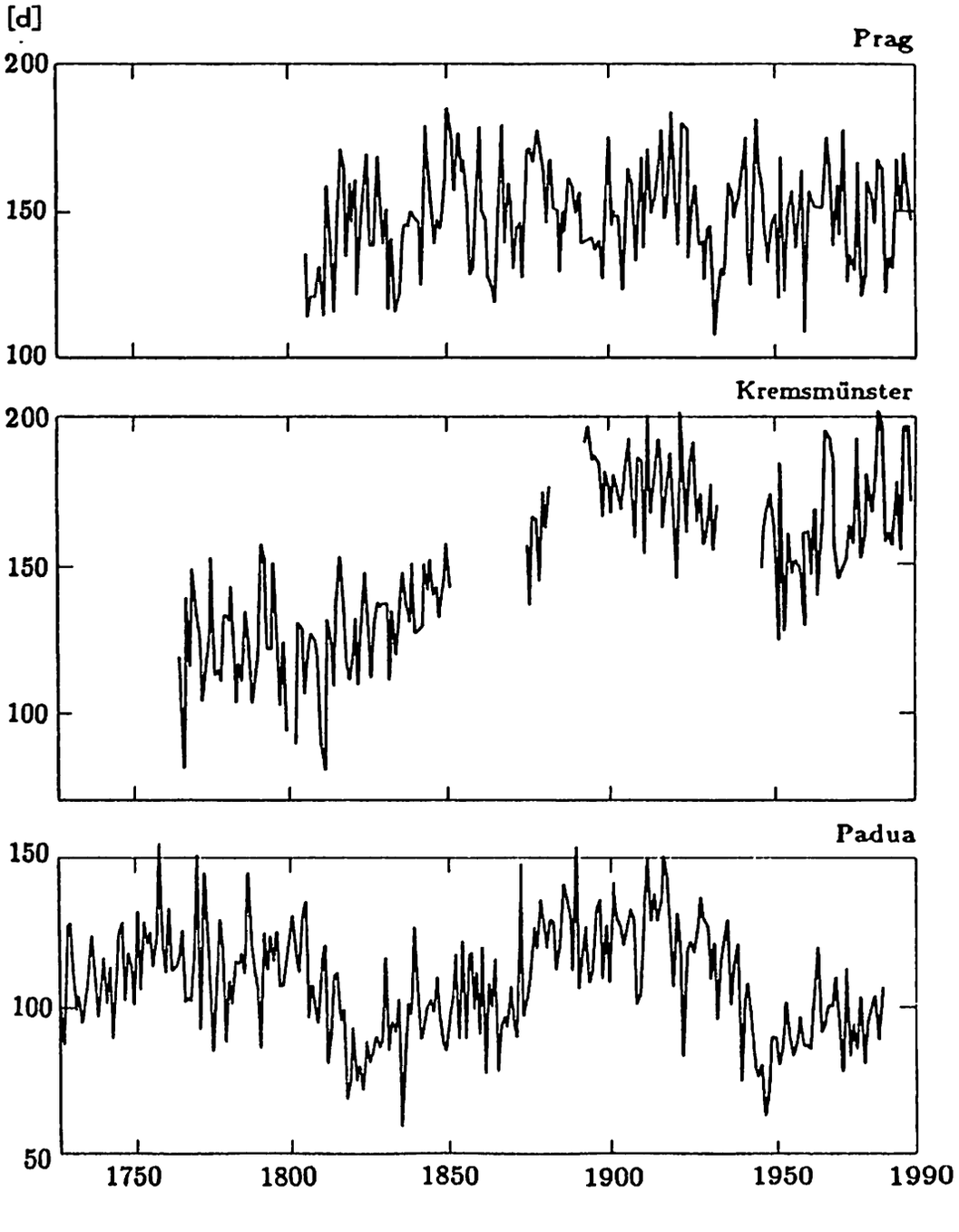


Abb. 2 (Fortsetzung)
Langfristige Entwicklung der Niederschlagshäufigkeit
im Donauraum

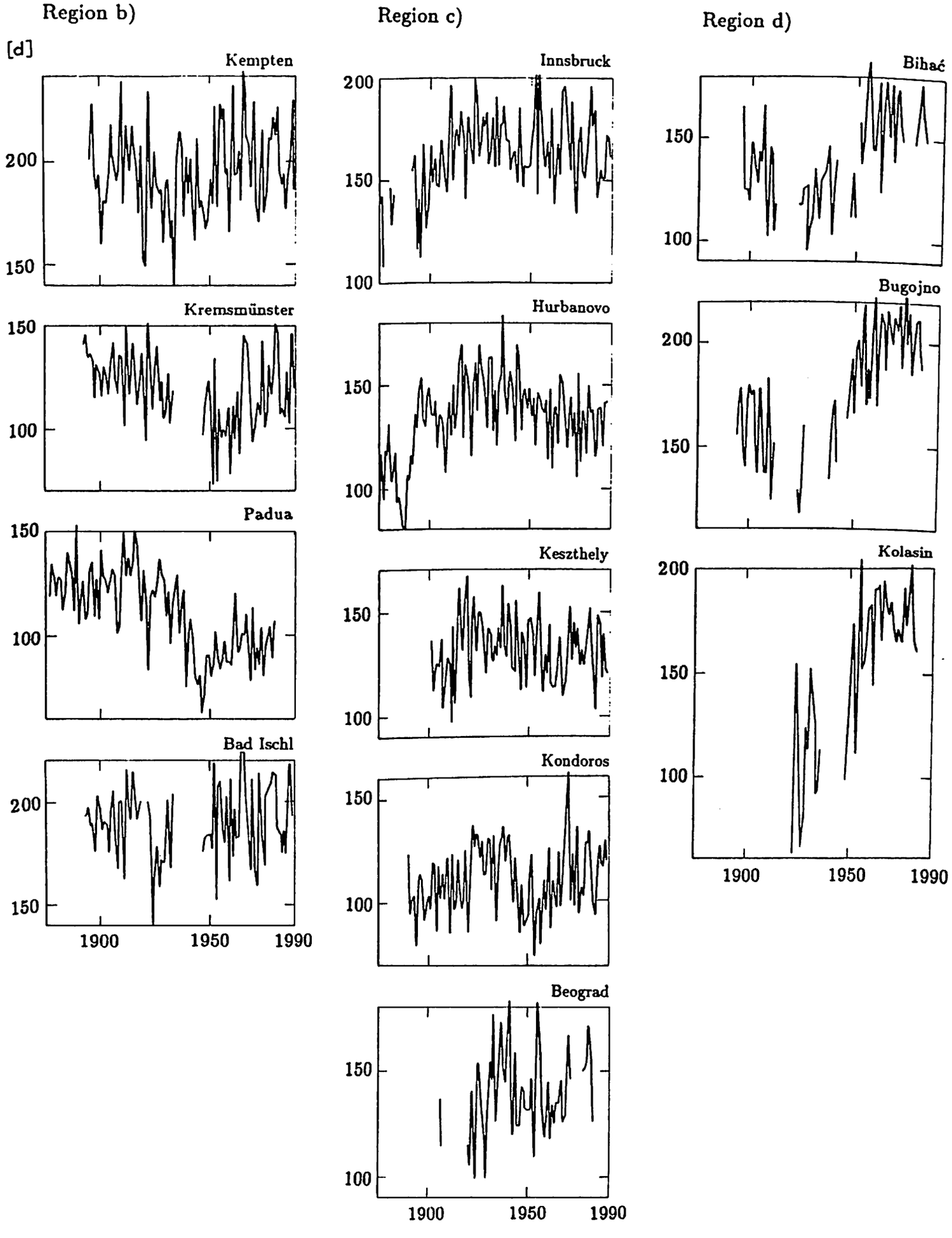


Abb. 2 (Fortsetzung)
Langfristige Entwicklung der Niederschlagshäufigkeit
im Donauraum

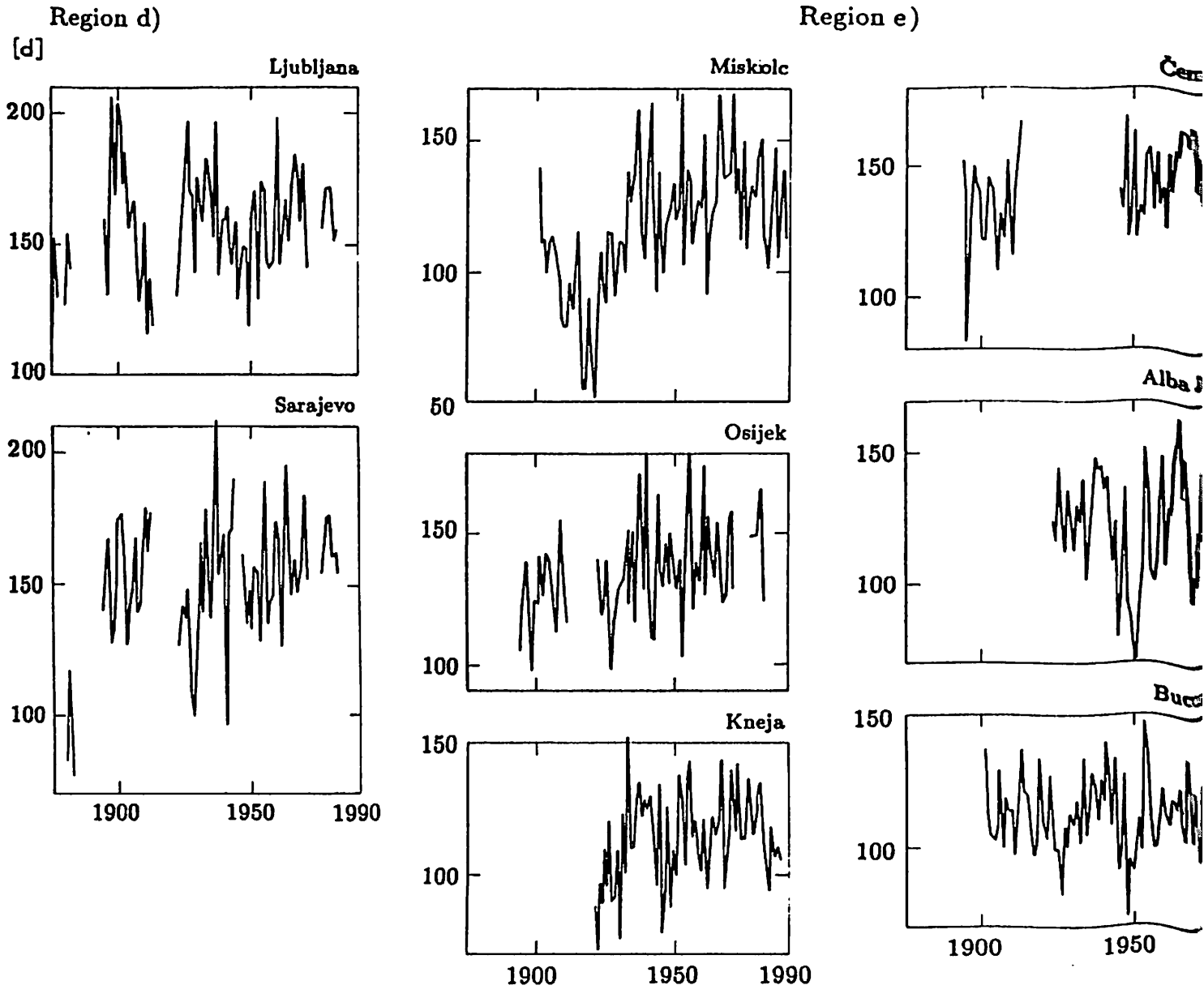


Abb. 3
Beispiele für die langfristige Entwicklung
der mittleren Länge der niederschlagsfreien Perioden
im Donauraum

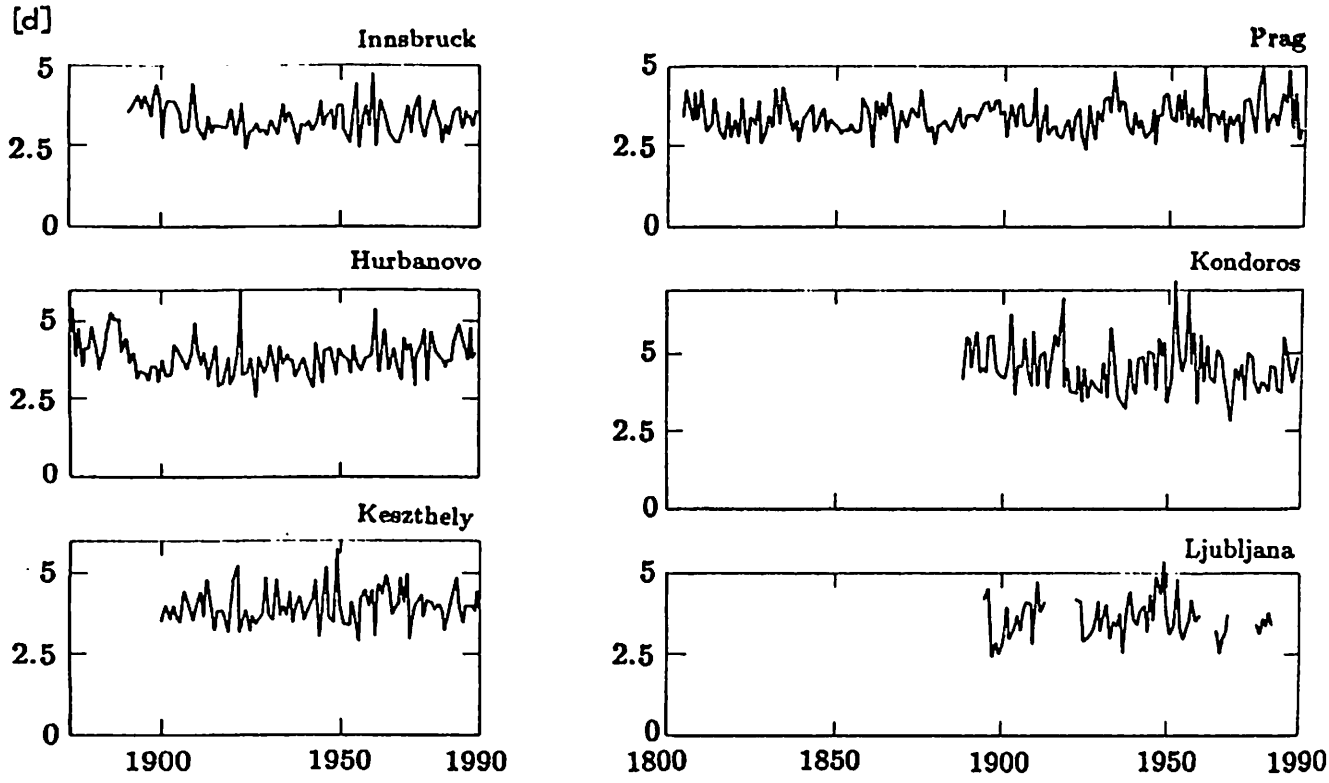
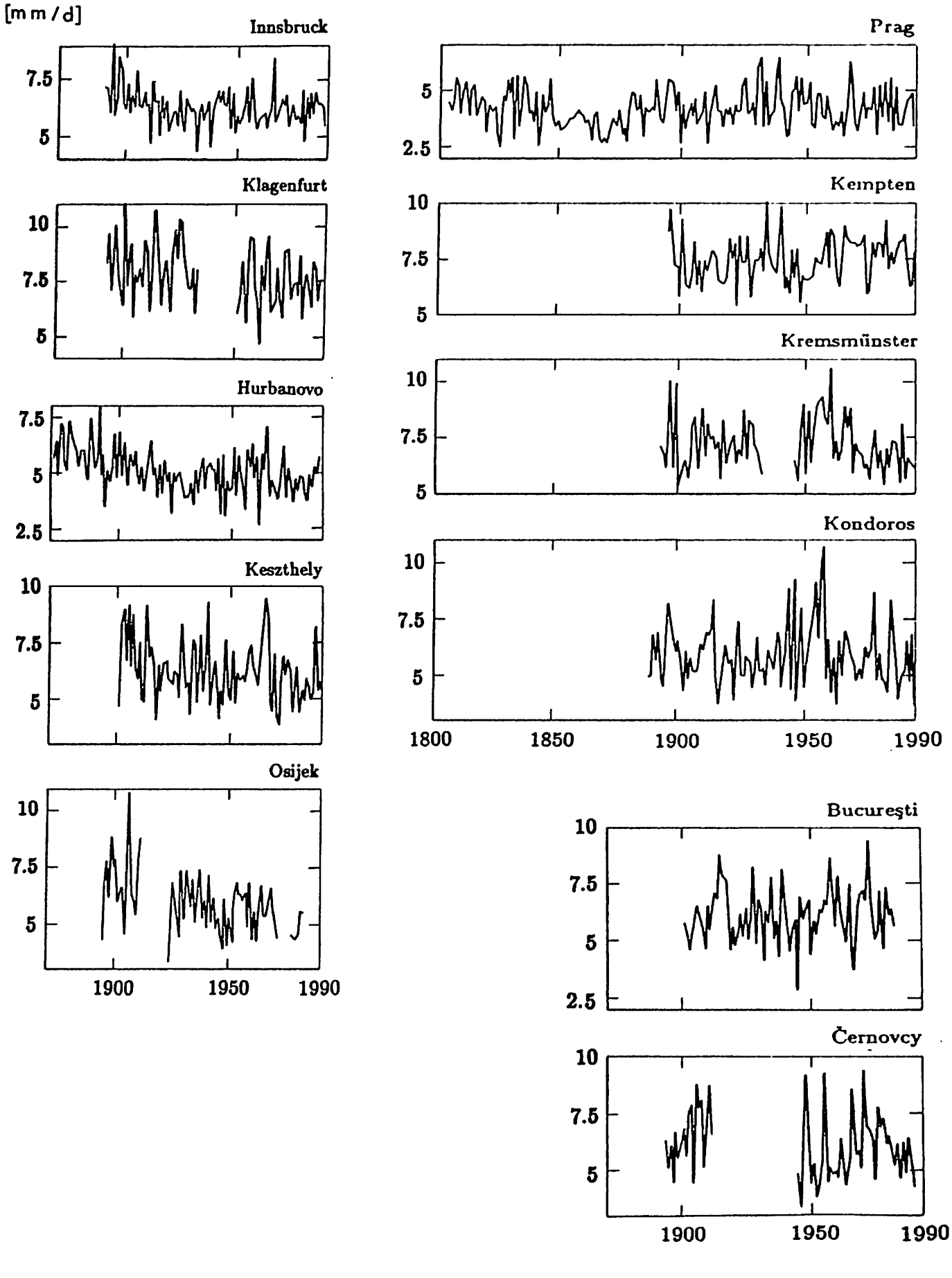


Abb. 4
Beispiele für die langfristige Entwicklung
der mittleren Intensität der Sommerniederschläge
im Donauraum



5.2

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

WASSERSTANDSREGULIERUNG DES BALATON

ЗАРЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНЫХ УРОВНЕЙ В ОЗЕРЕ БАЛАТОН

CONTROLLING OF THE WATER VOLUME IN THE BALATON

B. Hajos & M. Bratan
Б. Хаес, М. Братан

Kurzfassung: Die Sicherung der in der Wasserwirtschaftsordnung geforderten Wasserstände am See-Pegel des Balaton kann, neben der wasserwirtschaftlichen Berechnung mit Hilfe der Wasserhaushaltsgleichung, auch durch die Vorhersage der natürlichen Wasserstandsänderung erfolgen. Die praktischen Vorteile der kurzfristigen Vorhersage sind sehr gering. Verschiedene Regulierungseingriffe, insbesondere die Bedienung der Sio-Kanal-Schleuse, erfordern eine vierzehntägige oder monatliche Vorhersage der Wasserstände. Dies gilt besonders für die Sommermonate. Letzteres wird in Abbildung 4 veranschaulicht.

Резюме: Обеспечение требуемых в постановлении по водному хозяйству водных уровней в озере Балатон может осуществляться не только по водохозяйственному вычислению с помощью уравнения водного баланса, но и по прогнозам естественных изменений уровня воды. Практичные выгоды краткосрочных прогнозов малоэффек тивные. Проведение регуляционных работ, как эксплуатация шлюза на Сио-Канале требуют двухнедельных или месячных предсказаний объема воды, особенно в летний период. (см. рис.4).

Summary: The middle-danubian water management directorate can contribute most effectively to the provision of the specified standard water level of the Lake Balaton, with its hydraulic engineering activity and the forecast of natural changes of the volume of water. Short term forecasts have only moderate practical value. Different types of water volume controlling, and especially the operation of the Sio Sluice require at least a 2-4 week forecast or rather a forecast for the whole summer season. The last point is illustrated in Figure 4.

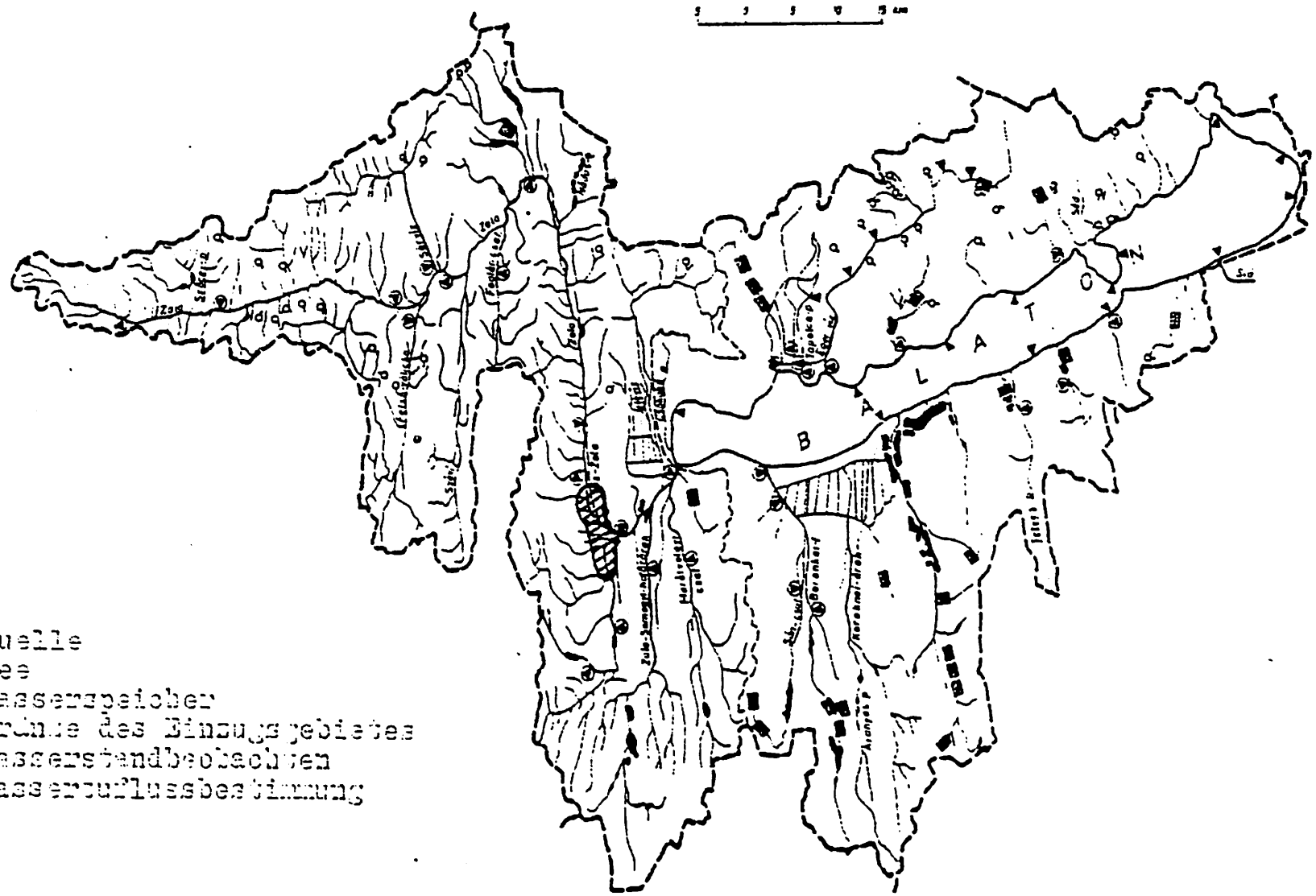


Abb. 1. Wassersystem des Plattensees

Tabelle 1.
Die hydrologische Merkmale des Balaton

Die Grösse der Seeoberfläche,	*km2*	*593*
Die Grösse des Zuflussgebietes,	*km2*	*5.744*
Die Durchschnittstiefe,	*m*	*3,36*
Das Volumen, Millionen	*km3*	*2*
Die Wasserpegelschwankungen an dem Maßstab gemessen,	*cm*	*70-100*
Der "0"-Punkt des Maßstabes :		*104,09 mAf*
Maximales Durchlassvermögen des Sio-Kanals	*m3*	*80*

Der Abfluss des Seewassers wird durch die Bewegung einer Schleuse bei Siofok geregelt. Die Schleuse wurde im Interesse der See-wasserpegelregelung Ende des vergangenen Jahrhunderts öfters umgebaut. Durch eine bewusste Wasserwirtschaft wurde das Spiel des Wasserpegels wesentlich verringert. (Abb.2.)
Die Schleuse wird heutzutage nach strengen Vorschriften gesteuert, nach denen der Wasserpegel innerhalb von 30 cm verändert werden darf. Dieser schmale Regelungsbereich ist wegen des Schutzes des wertvoll ausgebauten Ufers, im Interesse der Sicherung der verschärften Verwertungsansprüche, wegen der Schiffahrt, des Badens und des Schutzes der Wasserqualität notwendig.
Das grundsätzliche Ziel der Vorhersagen ist durch die entsprechende Steuerung der Sio-Schleuse die genaue Einhaltung der für den Wasserpegel in den Vorschriften festgelegten Werte. Die Jahressumme des Besamtniederschlages und des Wasserzuflusses liegt höher als das jährliche Verdampfen. Demzufolge kann der Wasserpegel des Sees unter Verwendung des eigenen Wasserbestandes durch die Abflussregelung von Sio mittels Ausbau der an der Mündung befindlichen Schleuse zufriedenstellend geregelt werden. Zur Regelung des Zuflusses wäre die Errichtung eines grossen, mit hohen Kosten und Gebietsaufwand belegten Stausees erforde-

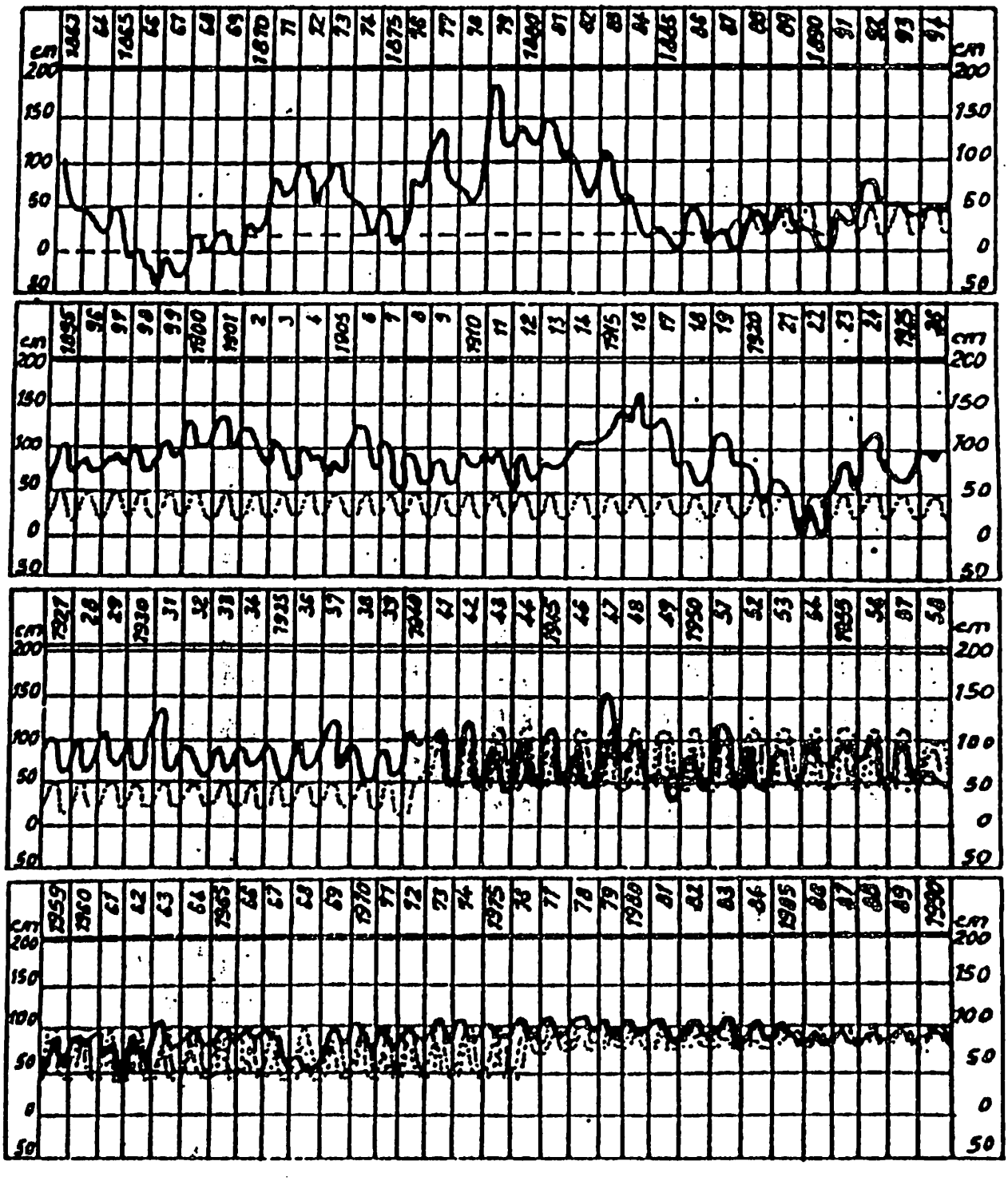
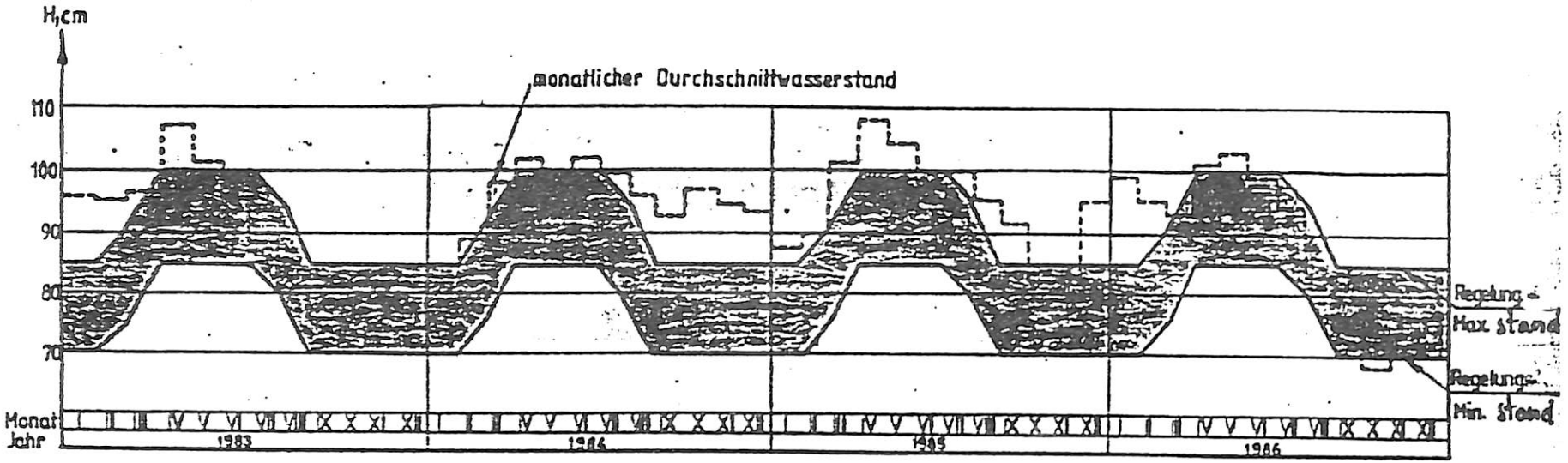
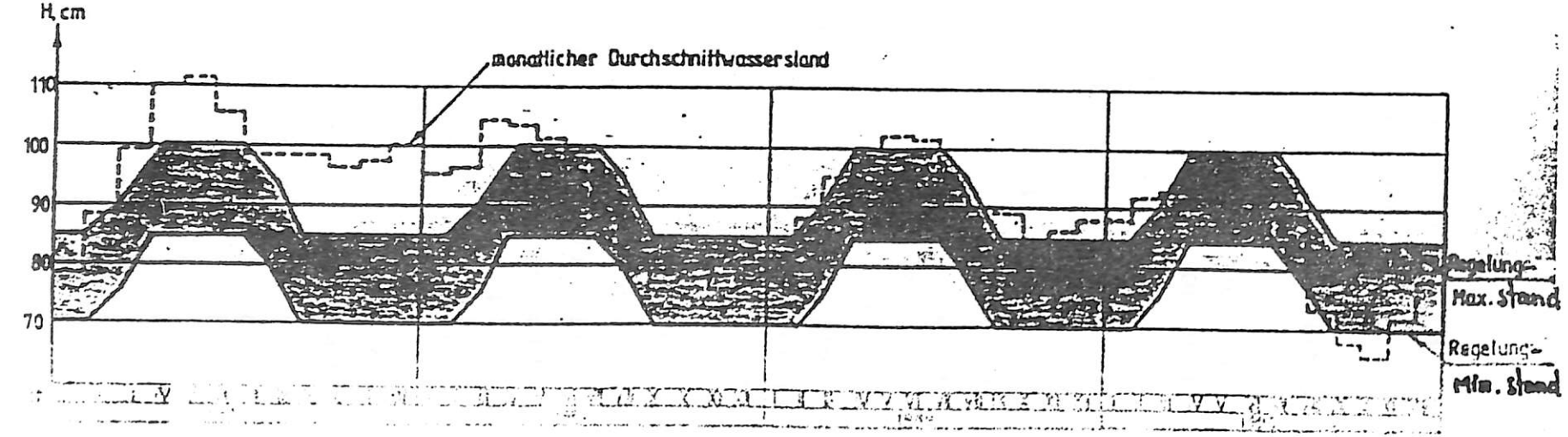


Abb. 2. Verlauf der regulierten Balaton Wasserstände ab 1863 bis in unsere Ts

Abb 3. Die Regelung des Wasserstandes [1983-1990]





405

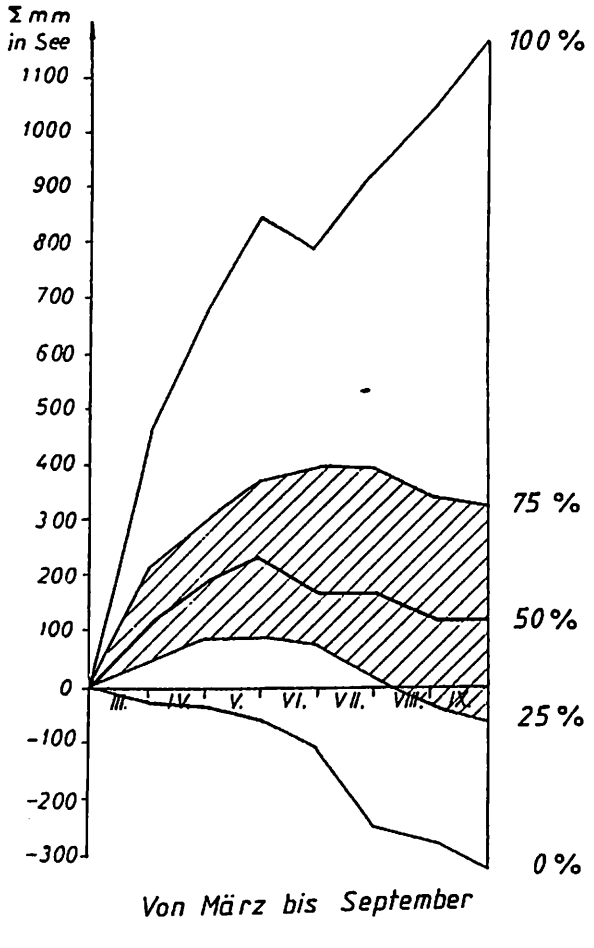
lich. Zu den wirksamsten und wirtschaftlichsten Methoden zählen das eingehende Kennenlernen der Wasserhaushaltsverhältnisse und deren Vorhersage, um kostspielige Eingriffe teilweise zu ersetzen.

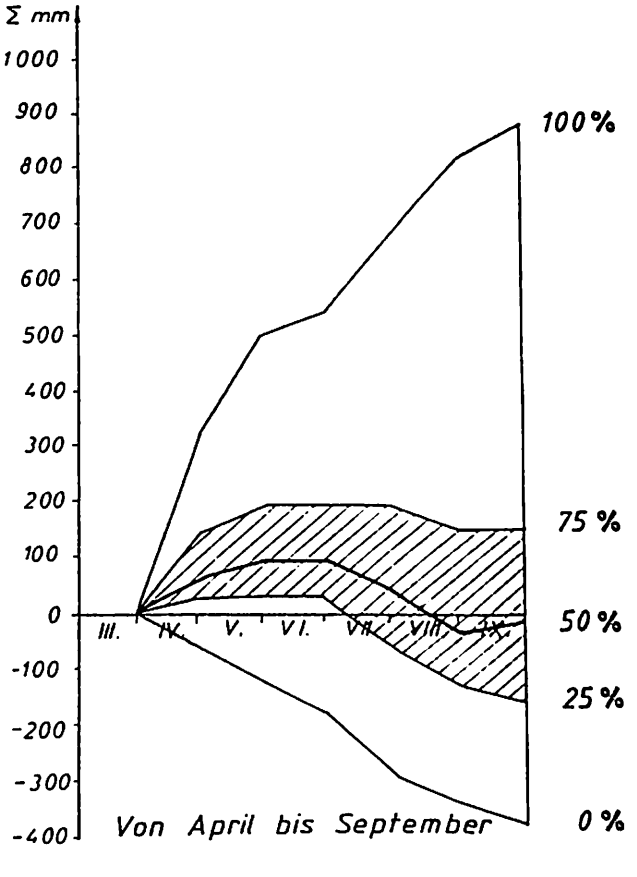
2. Beschreibung der Vorhersagemethoden

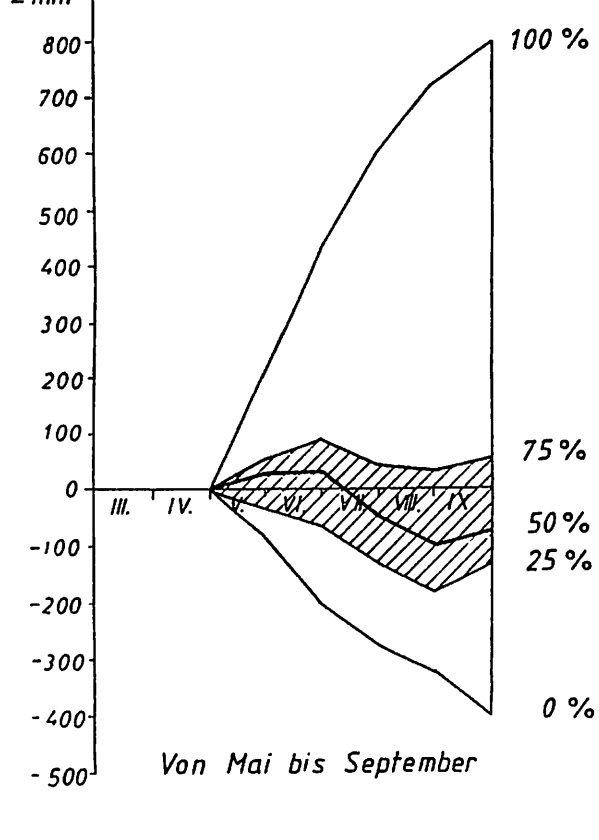
Die Vorhersagen werden gewöhnlich durch den angegebenen Zeitvorsprung in Gruppen aufgeteilt.
Eine **kurzfristige Vorhersage** ist eine meteorologische Vorhersage für 4-5 Tage und wird anhand eines für verschiedenen Zuflussgebiete Ungarns ausgearbeiteten Modells erstellt. Diese Vorhersage gibt auf die Menge des wahrscheinlich zufliessenden Wassers aus dem voraussichtlichen Niederschlag Informationen. Infolge des kleinen Zeitvorsprunges kann die überschreitung der oberen Wasserstandgrenze vermieden werden./1/

Sowohl wegen ihrer Genauigkeit als auch wegen ihrer praktischen Vorteile kann **die vierzehnotägige Vorhersage** besser genützt werden, denn hier wird davon ausgegangen, dass der Vorgang der Veränderung des Wasserbestandes sehr langsam ist. Die Veränderungen können aus den Werten der voranggegangenen Zeitperiode für die vorhergesagten Zeitperioden ermittelt werden. Die Werte des Wasserstandes, des Tagesniederschlages und der über den Sio-Kanal abzulassende Wassermenge in der vorangegangenen Zeitperiode sind bekannt, sowie die zehntägigen und die monatlichen Niederschlagvorhersagen werden verwendet.
Die aus den Durchschnittswerten der Wasserstandsänderungen in 3-3 Tagengebildeten Differenzen sind für das voraussichtliche Mass der natürlichen Wasserbestandsänderungen massgebend.
Die Methode der einen längeren Zeitvorsprung bietenden **monatlichen Vorhersage** basiert auf Analogie. Die natürlichen Wasserstandsveränderungen des vorangegangenen Monats (oder Monate) werden unter Berücksichtigung der meteorologischen Daten mit den hydrologischen Zeitperioden der bereits analysierten 70 Jahren verglichen. /2/
Diese Methode wurde nicht auf Computer adaptiert.
Ein sehr wichtiger anhaltspunkt ist die monatliche Vorharsage des meteorologischen Dienstes. Die Wahrscheinlichkeit dieser Wettervorhersage ist im allgemeinen 70 %, aus welcher hervorgeht, dass die Wahrscheinlichkeit der Wasserstansvorhersage ebenso 70 % sein kann.
Im Kenntnis von der Dicke der Schneedecke und der Schneeschmelzvorgänge

ist eine Vorhersage für die **Sommermonate** d.h. hinsichtlich der Rekreation und sonstiger Interessen für die besonders bedeutende - Wasserhaushaltsverhältnisse dieser Zeitperiode möglich. Diese Methode wird als statistisch betrachtet und beruht sich auf die Bewertung der zwischen 1921 und 1970 erfassten Wasserhaushaltsveränderungen (Niederschlag+Zufluss-Verdampfen).
Die monatliche Menge der genannten Wasserhaushaltsmerkmale werden von März bzw. April, Mai und Juni bis September kontinuierlich summiert. Die Periode beginnt mit dem Schneeschmelzen und endet mit dem früherbstlichen Niedrigwasserstand, als die Verwendungsansprüche gleichzeitig abnehmen.
Auf der Abbildung 4 werden jene am meisten charakterisierende Werte 0,25,50 75 und 100 % dargestellt, die aus der Wahrscheinlichkeitsverteilung der zeitgemässen Schnittstellen der auf beistimmte Jahre ermitellten Integrallinien herausgegriffen sind und miteinander verbunden eine Umhüllungskurve bilden.
Aus dem Diagramm geht hervor, dass sich die summierten natürlichen Bestandsveränderungen innerhalb von breiten Grenzbereichen verändern können. Aber dieser Wertbereich verschmälert sich stark unter Ausschluss der extremen Umstände, sowie um die Verminderung des Zeitabstandes der Vorhersage.
- bei der Hälfte der Fälle fällt die nach einem oder mehreren Monaten zu erwartende natürliche Bestandsveränderung in den 50 % +/- 25 %-gen schraffierten Bereich.
aber
-bei extremen Wettersituationen kann das Fünffache und einfünftel Teil des 50 %-igen Wertes auftreten
Die Vorhersage kann vom Monat zu Monat verfeinert werden, indem Ende Februar die Abbildung März-September, in März die Abbildung April-September als Hilfsmittel verwendet wird. Bezüglich der Verwendbarkeit dieses Hilfsmittels ist zu bemerken, dass die integrallinie der natürlichen Bestandsveränderung in den meisten Fällen auch am Ende des Jahres in dem Bereich beleibt, in welchem sich in den ersten Monaten des Jahres befand.
Wenn die natürliche Bestandsveränderung im März eines Jahres zwischen 0 und 25 % lag, dann ist es mit grosser Wahrscheinlichkeit zu erwarten, dass die Integrallinie im Sommer und sogar im Herbst in diesem Bereich bleibt. Es geht nämlich aus der Erstellungsmethode der Abbildung vor.







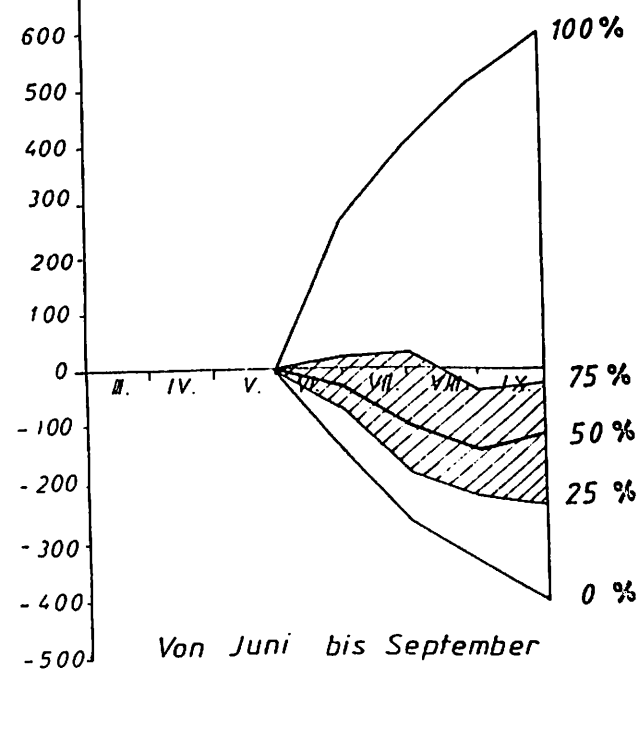


Abb. 4. Der Vorhersagenbehelf der natürlichen Wasser-vorratsänderungen des Plattensees auf Grund 1921-1970 Jahren

Mit dieser Methode wurde ein Versuch für die Aufstellung einer Vorhersage für die natürliche Wasserbestandsveränderung im winterhalbjahr gemacht. Dazu wurde die im Novembern augegebene halbjährige meteorologische Vorhersage verwendet. Es ist offensichtlich, dass die Anwendbarkeit dieser Methode stark von der Bewahrheiten der meteoroligschen Vorhersage abhängt, und keine grossen Hoffnungen dürfen gemacht werden. Die Auswirkungen der der Wasserpegelregelung nicht dienenden menschlichen Eingriffe (Trinkwasserversorgung, Wasser für die Industrie) wurden auch eingehend studiert. Der Wert der Vorhersage wird durch die obengenannten Eingriffe innerhalb der Fehlergrenzen modifiziert.
Nach der Vorhersage der Wasserbestansveränderung soll die Schleuse in Siofok um die übersteigung des voraussichtlichen Wasserpegels zu vermeiden. Die öffnung der Schleuse soll folgendermassen festgelegt werden.

Tabelle 2.

Wasserbestandsveränderung mm/Monat	**Abzulassende Wassermenge m3/s**
50	*11,25*
100	*22,5*
150	*33,8*
200	*45,0*
250	*56,3*
300	*67,5*

Das Herablassen über die oben genannte Menge kann nur unter Verwendung von Schutzmassnahmen vorgenommen werden.

3. Die Erfahrungen einiger Vorhersagemethoden

Die kurzfristige Vorhersage hat sich wegen ihrer Unzuverlässigkeit und ihres geringen Zeitvorsprunges in der operativen Arbeit nicht bewährt. Durch eine vierzehntägigen Vorhersage kann eine Fehlergrenze von +/- 1 cm eingehalten werden und bietet einen guten Anhaltspunkt zur

Bedienung der Schleuse.
Monatliche Vorhersagen sind ausreichend (der Wert der Abweichung liegt bei ca. 2 cm), die Abweichungen waren hauptsächlich in Mai Juli und September grösser als erlaubt und erreichten +/- 5cm. Dieser Fehler kann auf falsche meteorologische Vorhersage zurückgeführt werden.
Es gibt keine Erfahrung mit den für die Sommermonate gezeigten Methoden für die Vorhersage.

Literaturverzeichnis

1. **Bálint Gábor** VITUKI): A Balaton természetes vízkészletváltozásának rövid idejü előrejelzésére szolgáló módszer kidolgozása. 1987. Kézirat.

2. **Baranyi Sándor** : A Balaton Hidrológiai Jellemzői 1921-70 VITUKI. Tanulmányok és kutatási eredmények 45.sz.

3. **Bukovszky György - Klingné Ábrahám Judit** : A Balaton vízszintváltozás középtávu előrejelzésének tapasztalatai. Magyar Hidrológiai Társaság Vándorgyűlése 1991. Székesfehérvár.

4. **Dr Csermák Béla - Szalay Miklós** : Vízkészlet-gazdálkodás az 1980-as években. Vízügyi Közlemények. Budapest LXX/4.

Anschrift des Verfassers:

Dr Bratán Mária
Középdunántúli Vízügyi Igazgatóság, Székesfehérvár, Balatoni u.6. H - 8000.

Dr Hajós Béla főosztályvezető
Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium, Dunai Rehabilitációs Iroda
H - 1055. Budapest, Kossuth L.tér 4.

5.3

Исследование наблюдаемого понижения уровня воды реки Дунай на участке Соб.-Дунафельдвар

Силадьи Аттила

рукавадитель группой гидрографии, инженер гидролог суши
Управление водного хозяйства Средне-дунайской территории

Режим реки на рассматриваемом участке имеет огромное значение не только по судаходству и водоснабжению промышленности, а по коммунальному водоснабжению города Будапешта и его окружности, которое происходит с эксплуатацией колодцев с береговым фильтрованием. По данным условиям Дунайской Комиссией на 1976 год, рабочий уровень воды на данном участке реки, в данной момент, понижается на 50-100 см. Цель исследования, характеризовать изменения режима и нахождения причин понижения уровня воды. Влияние кольцевой дамбы и отводного канала на уровень воды- показиваем во время наводнения в 1991-ого года в месте Надьмарош. Исследование причин понижения уровня воды

1. Изменение закономерностей стока

   а. Изменение климата - в настоящее время не однозначно доказано воздейсвие изменения климата на сток, а если существует такое отношение, на уровень воды действует через уменьшение расхода воды.
   б. Изменение расхода воды - в данном участке нельзя показывать однозначный характер изменения расхода воды в минимальной, средней и максимальной областях.

1. 2. Изменение режима

   а. Изменения уровня воды - в минимальном, среднем и максимальном значениях уровней воды существуют однозначные тренды понижения. Наибольшое значение понижения существует в области минимальных уровней воды. Показываем ряд данных статистических расчетов.
   б. Изменение изменчивости режима - изменение русла реки тесно связано с глубиной потока, уклоном водной поверхности и изменением скорости течения. Эти параметры можно характеризовать исследованием суточных изменениях уровней воды. С помощью статистических расчетов можно показывать сушествующие тренды или ожидаемые размывы, намывы в данных створах. Результаты расчетов контролируются даннымы русловыми съемками в определенных створах.

1. 3. Антропогенные воздействия- строительство береговых сооружений, русловое землечерпание и регулирования на данном участке реки.

2. Паводочная съемка уровня воды в августе 1991. года.

   а. соотвественные пиковые уровни вод.
   б. нивелировка водной поверхности в отводном канале поста Надьмарош.
   в. нивелировка водной поверхности на участке Соб-Надьмарош
   г. петли кривых расходов воды на Дунае.

3. Заключения

   Учет антропогенных и природных процессов в решениях водохозяйственных вопросов. Действительные тренды и их влияния на окружающую среду.

Будапешт, 24-ого сентября 1991. год

Untersuchung der beobachteten Wasserstandsabsenkung in der Donau im Abschnitt Szob - Dunaföldvár

Szilágyi Attila
Leiter der Gruppe Hydrographie, Wasserbauingenieur. Verwaltung für die Wasserwirtschaft an der mittleren Donau

Das Flußregime des betrachteten Abschnitts hat nicht nur für die Schiffahrt und die industrielle Wasserversorgung eine große Bedeutung, sondern auch für die kommunale Wasserversorgung der Stadt Budapest und ihrer Umgebung, die durch Entnahme aus Brunnen mit Uferfiltrat erfolgt. Nach den Angaben der Donaukommission von 1976 ist der Wasserstand in dem genannten Flußabschnitt um 50-100 cm gesunken. Ziel der Untersuchungen ist es, die Regimeänderung und die Ursachen für das Absinken des Wasserstandes festzustellen. Der Einfluß des Ringdammes und des Ableitungskanals auf den Wasserstand wird für die Zeit während des Hochwassers 1991 bei Nagymaros aufgezeigt. Ursachen der Wasserstandsabsenkung sind:

1.1 Änderung der Gesetzmäßigkeiten des Abflusses

a) Klimaänderung - gegenwärtig ist der Einfluß der Klimaänderung auf den Abfluß nicht eindeutig erwiesen, sollte tatsächlich eine Wechselwirkung bestehen, dann wird der Wasserstand infolge Abflußverminderung sinken.

b) Änderung des Abflusses - ist beim vorgegebenen Abschnitt weder im minimalen, mittleren noch maximalen Bereich eindeutig zu erkennen.

1.2 Regimeänderung

a) Wasserstandsänderungen - bei minimalen, mittleren und maximalen Wasserstandswerten besteht ein eindeutiger Trend zu niedrigeren Werten. Die größte Abnahme ist bei Niedrigwasserständen festzustellen. Das wird an mehrjährigen Reihen statistisch nachgewiesen.

b) Morphologische Änderungen - Strombettveränderungen sind eng mit der Strömungstiefe, der Neigung des Wasserspiegels und der Strömungsgeschwindigkeit verknüpft. Diese Parameter können bei der Verarbeitung der täglichen Wasserstände berücksichtigt werden. Mit Hilfe von statistischen Berechnungen kann man den bestehenden Trend oder die zu erwartende Erosion und Anlandung für die jeweilige Meßstrecke aufzeigen. Die Rechenergebnisse werden durch die jeweiligen Flußbettaufnahmen für den entsprechenden Abschnitt belegt.

1.3 Anthropogene Einwirkungen - Bau von Uferanlagen, Sohlbaggerungen und Regelungen im Bereich des entsprechenden Flußabschnittes

2. Wasserspiegelfixierungen während des Hochwassers im August 1991

   a) Ermittlung der Abflußspitzen (Hochwasserscheitel)

   b) Wasserspiegelaufnahmen im Ableitungskanal am Pegel Nagymaros

   c) Wasserspiegelaufnahmen im Abschnitt Szob - Nagymaros

   d) Hysterese-Schleifen der W/Q-Beziehung in der Donau

3. Berücksichtigung der anthropogenen und natürlichen Vorgänge bei der Lösung wasserwirtschaftlicher Fragen. Vorhandene Trends und ihr Einfluß auf die Umwelt.

Budapest, 24. Sept. 1991

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

WASSERBILANZ DES DEUTSCHEN DONAUGEBIETES FÜR DIE JAHRESREIHE 1901-1990

ВОДНЫЙ БАЛАНС НЕМЕЦКОЙ ЧАСТИ ДУНАЙСКОГО БАССЕЙНА ЗА ГОДОВОЙ РЯД С 1901 ПО 1990 ГГ.

HYDROLOGICAL BALANCE OF THE GERMAN DANUBE BASIN FOR THE ANNUAL SERIES 1901-1990

H. Schiller
Х. Шиллер

Kurzfassung: Ausgangswerte für die Bilanz sind die jährlichen Gebietsniederschläge und Gebietsabflüsse, und zwar für das hydrologische Jahr vom 01. November eines Jahres bis zum 31. Oktober des Folgejahres. Dies ermöglicht auch eine Unterteilung in Sommer- und Winterhalbjahre. Der Pegel Achleiten repräsentiert das gesamte obere Donaugebiet mit 76 650 km^2. Hiervon werden die Gebietsabflüsse für das deutsche Donaugebiet mit 56 240 km^2 abgetrennt.

Mit den Abflüssen am Pegel Achleiten (Jahres- und Halbjahreswerte) und mit den Bilanzgrößen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung des deutschen Donaugebietes werden Trendanalysen durchgeführt. Ein ansteigender Trend zeigt sich beim Gebietsniederschlag, gegenläufige Trends sind bei den Halbjahresabflüssen am Pegel Achleiten vorhanden.

Резюме: Исходными данными водного баланса являются годовые осадки и речные стоки водосбора за гидрологический год, начинающий 1 ноября текущего года и кончающий 31 октября следующего года. Пользуется и распределением по летним и зимним периодам. Водомерный пост Ахлайтен представляет всю верхнюю часть Дунайского бассейна площадью 76 650 км^2. При этом годовые стоки немецкой части Дунайского бассейна площадью 56 240 км^2 рассматриваются отдельно.
Проведен анализ трендов немецкого участка Дуная по расходам реки (по годовым и сезонным данным) водомерного поста Ахлайтен и водобалансовым составляющим осадков, речных расходов воды и испарения. Выявлены тенденции повышения осадков и понижения сезонных расходов воды по данным водомерного поста Ахлайтен.

Summary: Input data for the balance are the annual areal precipitation and runoff data for the hydrological year from the 1st November of a year to the 31st October of the following year. This allows also a subdivision into semiannual summer and winter periods. The Achleiten gauge represents the entire upper Danube basin with an area of 76 650 km^2. The areal runoff data for the German part of the Danube basin with an area of 56 240 km^2 are considered separately.

Trend analyses are carried out on the basis of runoff data at the Achleiten gauge (annual and semi-annual values) and of the balance components precipitation, runoff and evaporation of the German Danube basin. Areal precipitation data show an increasing trend while trends in an opposite direction were identified in the semi-annual runoff data at the Achleiten gauge.

1. Bilanzgebiet

Das deutsche Donaugebiet umfaßt eine Fläche von 56 240 km². Es ist nahezu vollständig im Einzugsgebiet des knapp unterhalb der Innmündung gelegenen Pegels Achleiten (Einzugsgebiet A_{EO} = 76 650 km²) enthalten. Die außerhalb Deutschlands gelegenen Einzugsgebiete A1 - A8 (siehe Abb. 1) haben eine Fläche von 103 + 1 344 + 984 + 9 679 + 810 + 5 548 + 1 991 + 464 = 20 923 km². Das vom Pegel nicht erfaßte Gebiet R bis zur Landesgrenze umfaßt 514 km².

Die naturräumliche Gliederung des deutschen Einzugsgebietes zeigt drei große Landschaftsräume. Dies sind das alpine Gebiet (4 000 km² bzw. 7 %), das zwischen den Alpen und der Donau gelegene Alpenvorland (30 500 km² bzw. 54 %) und die nördlich der Donau gelegenen Mittelgebirge (21 750 km² bzw. 39 %), deren westlicher Teil (8 900 km²) aus der geologischen Formation des Jura besteht.
Vom Einzugsgebiet des Pegels Achleiten entfallen 22 500 km² bzw. 29 % auf die Alpen (davon 9 000 km² auf die Zentralalpen mit 720 km² Gletscherfläche), 32 500 km² bzw. 43 % auf das Alpenvorland und 21 750 km² bzw. 28 % auf die Mittelgebirge nördlich der Donau.

Im deutschen Donaugebiet befinden sich drei Speicher, in denen im Sommerhalbjahr Wasser zurückgehalten und im Winterhalbjahr wieder abgegeben wird: Der Walchensee mit einem Nutzinhalt I = 110 Mio m³ seit 1928, der Forggensee mit I = 149 Mio m³ seit 1955 und der Sylvensteinsee mit I = 104 Mio m³ seit 1959. Da bereits im April mit der Speicherung und im Oktober mit dem Ablassen begonnen wird, ist der für den Wassertransfer vom Sommer- ins Winterhalbjahr eingesetzte effektive Speicherinhalt geringer. Er beträgt im langjährigen Mittel am Walchensee rd. 60 %, am Forggensee rd. 74 % und am Sylvensteinsee wegen seiner überwiegenden Funktion als Hochwasserückhaltebecken nur 19 % des Nutzinhaltes.
In den außerdeutschen Einzugsgebieten von Lech, Inn und Salzach sind hauptsächlich seit dem Jahre 1950 eine Anzahl größerer Speicher mit einem Nutzinhalt von zusammen rd. 1 Milliarde m³ Nutzinhalt entstanden. Der effektive Speicherinhalt für den Wassertransfer vom Sommer- ins Winterhalbjahr liegt hier mit nur wenig Ausnahmen (z. B. Achensee mit 65 %) in der Größenordnung von 90 - 96 %.
Der Wassertransfer vom Sommer- ins Winterhalbjahr beträgt durch die Speicher im deutschen Donaugebiet durchschnittlich rd. 12,5 m³/s und durch alle Speicher im Einzugsgebiet des Pegels Achleiten rd. 70 m³/s.

Die Wasserableitungen in andere Einzugsgebiete sind gering. Sie betragen im deutschen Donaugebiet für Zwecke der öffentlichen Wasserversorgung im Jahresdurchschnitt rd. 2,7 m³/s, in den außerdeutschen Einzugsgebieten im Zusammenhang mit verschiedenen Energiespeichern im Jahresdurchschnitt 5,6 m³/s, wobei von der gesamten Menge rd. 85 % auf das Sommer- und rd. 15 % auf das Winterhalbjahr entfallen.

2. Wasserbilanz

Für die Aufstellung der Wasserbilanz stehen für Abfluß und Niederschlag die Werte für die einzelnen Jahre der Jahresreihe 1901-1990 zur Verfügung, und zwar jeweils für das hydrologische Jahr, das vom 01. November eines Jahres bis zum 31. Oktober des Folgejahres reicht. Dies hat den Vorteil, daß kein Schneerückhalt von einem Jahr zum Folgejahr übertragen wird und daß eine einfache Aufteilung in Winter- und Sommerhalbjahre für eingehendere Untersuchungen möglich ist.

2.1 Abfluß am Pegel Achleiten/Donau

Dieser Pegel repräsentiert das Abflußgeschehen für das gesamte obere Donaugebiet. Da er die Basis für die Entwicklung der Abflußbilanz für das deutsche Donaugebiet bildet, werden auch für ihn die Abflußverhältnisse dargestellt. Die Abflüsse der gesamten Reihe 1901- 1990 und die drei 30-jährigen Teilreihen zeigen dabei eine große Stabilität: Alle Mittelwerte unterscheiden sich nur um die Größenordnung des Rundungsfehlers, d. h. sie sind identisch (Tab. 1). Die Regressionsanalyse für die Jahresmittel er gibt auch keinerlei Trend (Abb. 2). Einen negativen Trend zeigen hingegen die Abflüsse des Sommerhalbjahres und einen gleichgroßen positiven Trend die Abflüsse des Winterhalbjahres. Als Ursache dafür wird der in Nr. 1 beschriebene Abflußtransfer durch Speicher vom Sommer- ins Winterhalbjahr gesehen. Die Spannweite, innerhalb der sich die jährlichen Mittelwerte bewegen, liegt zwischen 65 % und 132 % vom langjährigen Mittel (Tab. 2).

Tab. 1 Vergleich von Teilreihen

	1901-90	1901-30	1931-60	1961-90	1901-60	1931-90
Pegel Achleiten						
Abfluß MQ (m^3/s)	1423	1424	1420	1425	1422	1422
Abfluß 50 % (m^3/s)	1421	1429	1407	1433	1419	1416
Variationskoeffizient Cv	0,16	0,15	0,16	0,18	0,15	0,17
Schiefe Cs	0,07	0,07	0,19	-0,01	0,12	0,07
Sommerhalbjahr:						
Abfluß MQ (m^3/s)	1669	1718	1657	1632	1687	1644
Abfluß 50 % (m^3/s)	1633	1649	1683	1585	1661	1621
Winterhalbjahr:						
Abfluß MQ (m^3/s)	1175	1128	1181	1216	1155	1198
Abfluß 50 % (m^3/s)	1159	1144	1145	1247	1145	1177
Deutsches Donaugebiet						
Abfluß MQ (m^3/s)	757	749	757	763	753	760
Abfluß 50 % (m^3/s)	738	735	750	737	740	740
Variationskoeffizient Cv	0,20	0,18	0,21	0,20	0,20	0,21
Schiefe Cs	0,14	0,03	0,45	-0,14	0,30	0,16
Niederschlag Mittel (mm)	959	926	960	991	943	975
Niederschlag 50 % (mm)	972	908	994	993	941	993
Variationskoeffizient Cv	0,13	0,13	0,15	0,13	0,14	0,14
Schiefe Cs	-0,25	0,03	-0,62	-0,23	-0,28	-0,44
Verdunstung Mittel (mm)	535	506	535	563	521	549
Verdunstung 50 % (mm)	536	496	539	573	504	547
Variationskoeffizient Cv	0,16	0,16	0,17	0,13	0,16	0,15
Schiefe Cs	-0,39	0,03	-0,84	-0,23	-0,38	-0,67

2.2 Abfluß aus dem deutschen Donaugebiet

Die jährlichen Abflüsse für das deutsche Donaugebiet wurden als Differenz zwischen den Abflüssen am Pegel Achleiten und denen für die außerdeutschen Gebiete A1 - A8 mit Berücksichtigung des Gebietes R gebildet. Es standen genügend Pegel mit langer Beobachtungszeit zur Verfügung, mit denen der Abfluß aus diesen Gebieten direkt erfaßt bzw. durch sie repräsentiert werden konnte. Allerdings war die Qualität der Meßstellen nicht in allen Fällen so ausgezeichnet wie am Donaupegel Achleiten bzw. seinen Vorgängern. Dies mag der Grund dafür sein, daß bei den Abflüssen für

das deutsche Donaugebiet nicht mehr ganz diese Stabilität vorhanden ist wie für Achleiten (Abb. 5).

2.3 Gebietsniederschläge

Die jährlichen Werte für den Zeitraum 1931-1990 beruhen auf Daten und Auswertungen des Deutschen Wetterdienstes, diejenigen für den Zeitraum 1901-1930 auf Daten des seinerzeitigen Bayerischen Hydrotechnischen Büros. Die Gebietsniederschläge für das deutsche Donaugebiet zeigen einen positiven Trend, und zwar nicht nur für den gesamten Zeitraum, sondern in etwa gleicher Größe auch für verschiedene Teilreihen. Erstaunlich daran ist, daß die Abflüsse aus dem gleichen Gebiet keinen analogen Trend aufweisen, so wie dies z. B. bei den im Hydrologischen Atlas der Bundesrepublik Deutschland /1/ enthaltenen Beispielen der Fall ist. Die Untersuchungen über die Ursachen dieser Erscheinung sind noch im Gange.

2.4 Verdunstung

Die Verdunstung wird als Differenz von Niederschlag und Abfluß berechnet. Sie zeigt, da der Abfluß konstant ist, den gleichen positiven Trend wie der Niederschlag. Eine mögliche Erklärung dafür wäre die Zunahme der landwirtschaftlichen Erträge, da für die Bildung von mehr Biomasse auch ein Mehr an Wasser notwendig ist. Ein Nachweis, daß sich diese Zunahme auf das Sommerhalbjahr beschränkt, würde diese Vermutung stützen.

2.5 Unterirdischer Abflußanteil

Der durch das Grundwasser gehende Anteil des Abflusses wurde mit dem Verfahren nach Kille /2/ für insgesamt 21 Teileinzugsgebiete gebildet. Je nach den geologischen Verhältnissen schwankt dieser Anteil zwischen 34 und 74 % des Mittelwasserabflusses. Für das gesamte deutsche Donaugebiet ergibt sich daraus ein mittlerer Wert von 54 %.

2.6 Langjährige Mittelwerte der Bilanz

für das deutsche Donaugebiet ergeben sich für die Wasserbilanz der Jahresreihe 1901-1990 folgende Werte

	Mittelwert	Maximum	Minimum
Niederschlag	959 mm	1258 mm	632 mm
Abfluß	424 mm	621 mm	245 mm
Verdunstung	535 mm	696 mm	299 mm

3. Literaturverzeichnis

/1/ KELLER, R. et al: Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland. Boppard 1979

/2/ KILLE, K.: Das Verfahren MoMNQ, ein Beitrag zur Berechnung der mittleren langjährigen Grundwasserneubildung mit Hilfe der monatlichen Niedrigwasserabflüsse (1970). - Z. dt. geol. Ges., Sonderh. Hydrogeol. Hydrochem. 1970, S. 89-95

/3/ SCHILLER, G.: Die Veränderung der natürlichen Wasserführung durch Speicherkraftwerke. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr. 51, Wien 1983

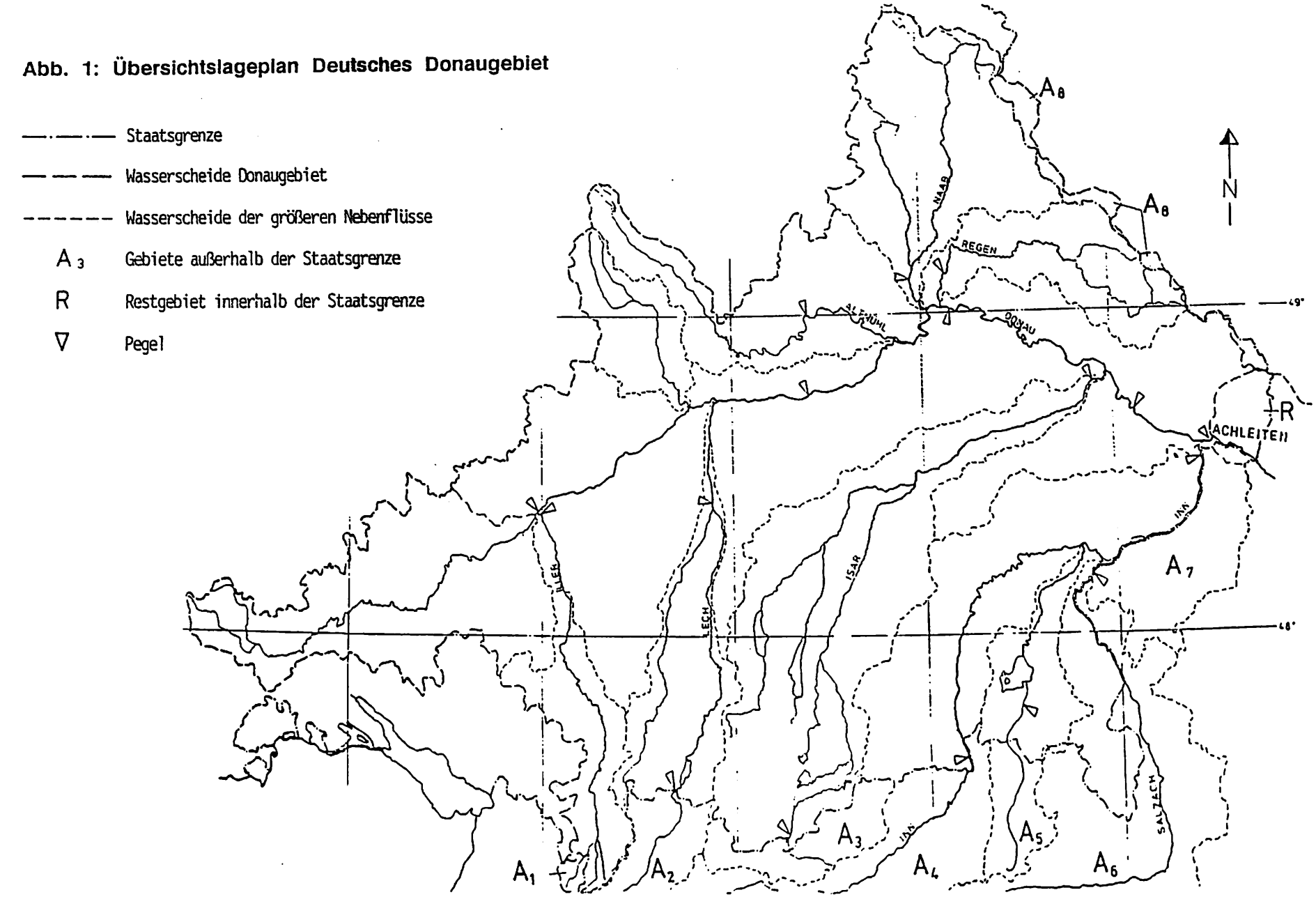
Heinz Schiller
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
Lazarettstraße 67
D-8000 München 19

Tab. 2 Wasserbilanz Deutsches Donaugebiet (1901 - 1990)

	Pegel Achleiten 76 650 km² Abfluß					Deutsches Donaugebiet 56 240 km² Niederschlag			Abfluß					Verdunstung		
Spalte Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Wert	m^3/s	mm	km^3	%	Jahr	mm	%	Jahr	m^3/s	mm	km^3	%	Jahr	mm	%	Jahr
Größte Werte																
1.	1880	774	59,3	132	1965	1242	130	1966	1108	621	34,9	146	1941	696	130	1974
2.	1850	760	58,3	130	1940	1201	125	1970	1095	614	34,5	145	1940	688	128	1966
3.	1820	748	57,4	128	1945	1181	123	1948	1036	581	32,7	137	1945	669	125	1970
4.	1810	745	57,1	127	1966	1174	122	1940	1004	563	31,7	133	1965	666	124	1930
15.	1800	740	56,8	126	1910	1159	121	1965	989	554	31,2	131	1966	657	123	1948
Mittelwert	1423	585	44,9	100		959	100		757	424	23,9	100		535	100	
Kleinste Werte																
1.	922	379	29,1	65	1972	724	76	1972	437	245	13,8	58	1972	299	56	1947
2.	971	399	30,6	68	1921	692	72	1911	459	257	14,5	61	1934	300	56	1911
3.	1020	420	32,2	72	1934	688	72	1949	461	259	14,6	61	1921	365	68	1942
4.	1050	432	33,1	74	1947	683	71	1921	507	285	16,0	67	1950	375	70	1949
5.	1070	441	33,8	75	1964	627	65	1947	546	306	17,2	72	1929	391	73	1969
Wahrscheinlichkeiten																
1 %	1870	769	59,0	132		1240	129		1100	617	34,7	149		690	129	
2 %	1850	761	58,3	130		1210	126		1060	594	33,4	143		680	127	
5 %	1800	741	56,8	127		1160	121		1000	561	31,5	135		665	124	
10 %	1750	720	55,2	123		1120	117		940	527	29,6	127		645	121	
20 %	1640	675	51,7	115		1090	114		880	493	27,7	119		615	115	
25 %	1600	658	50,5	113		1060	110		850	477	26,8	115		600	112	
50 %	1420	584	44,8	100		960	100		740	415	23,3	100		535	100	
75 %	1240	510	39,1	87		870	91		640	359	20,2	87		480	90	
80 %	1200	494	37,8	85		850	89		620	348	19,6	84		465	87	
90 %	1110	457	35,0	78		780	81		560	314	17,7	76		425	79	
95 %	1050	432	33,1	74		720	75		520	292	16,4	70		385	72	
98 %	980	403	30,9	69		680	71		470	264	14,8	64		335	63	
99 %	930	383	29,3	66		640	67		440	247	13,8	59		305	57	

479

Abb. 1: Übersichtslageplan Deutsches Donaugebiet



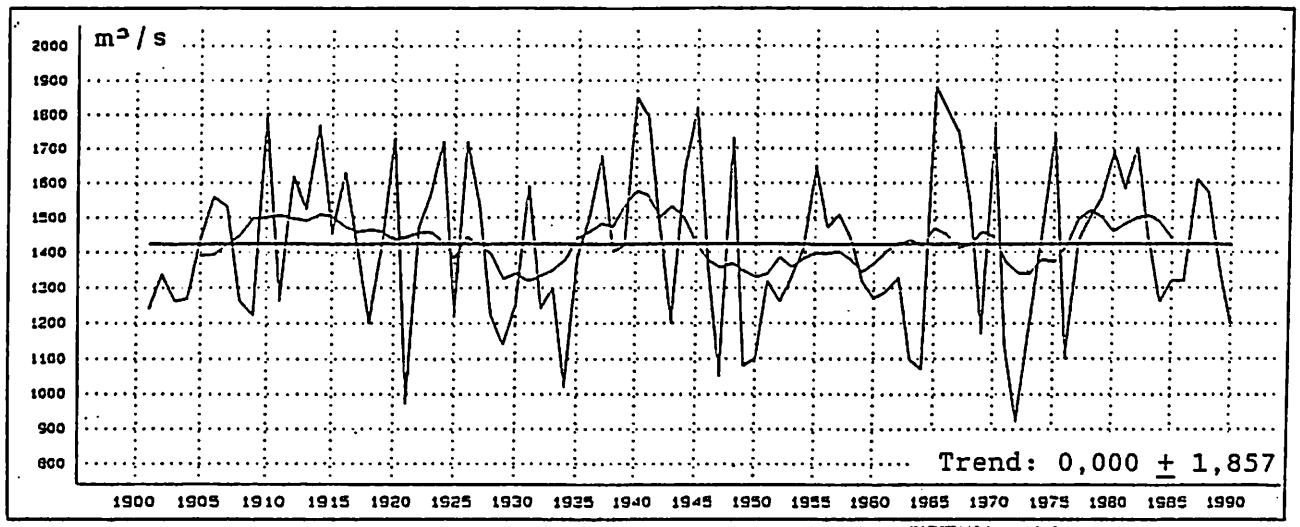


Abb. 2: Pegel Achleiten/Donau - Mittlere Jahresabflüsse und 10jähriges gleitendes Mittel

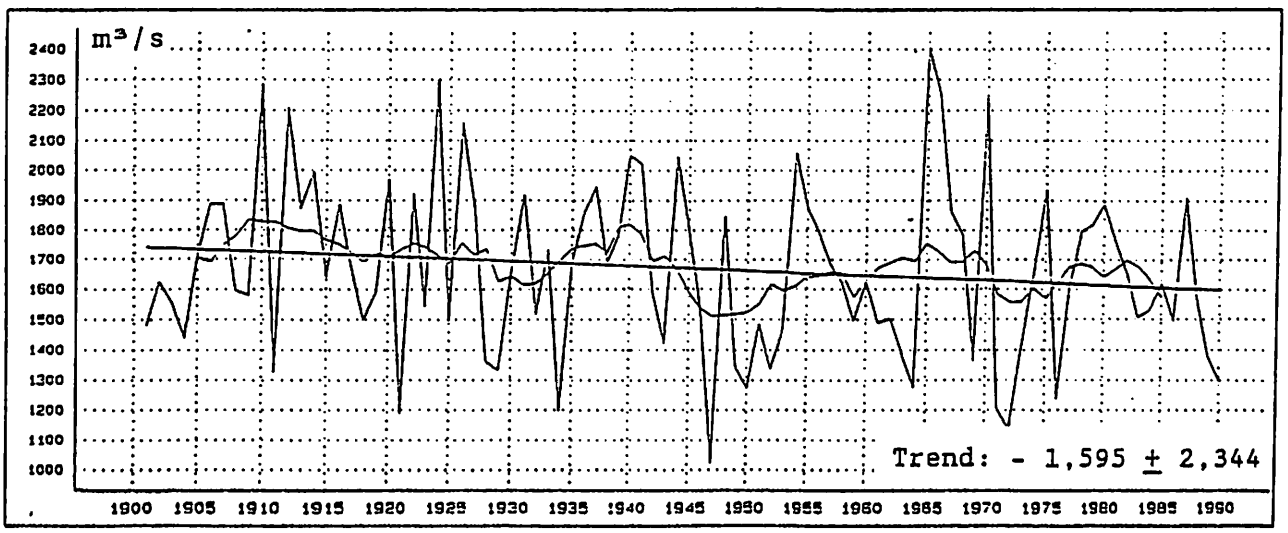


Abb. 3: Pegel Achleiten/Donau - Mittlere Abflüsse der Sommerhalbjahre (Mai-Oktober) und 10jähriges gleitendes Mittel

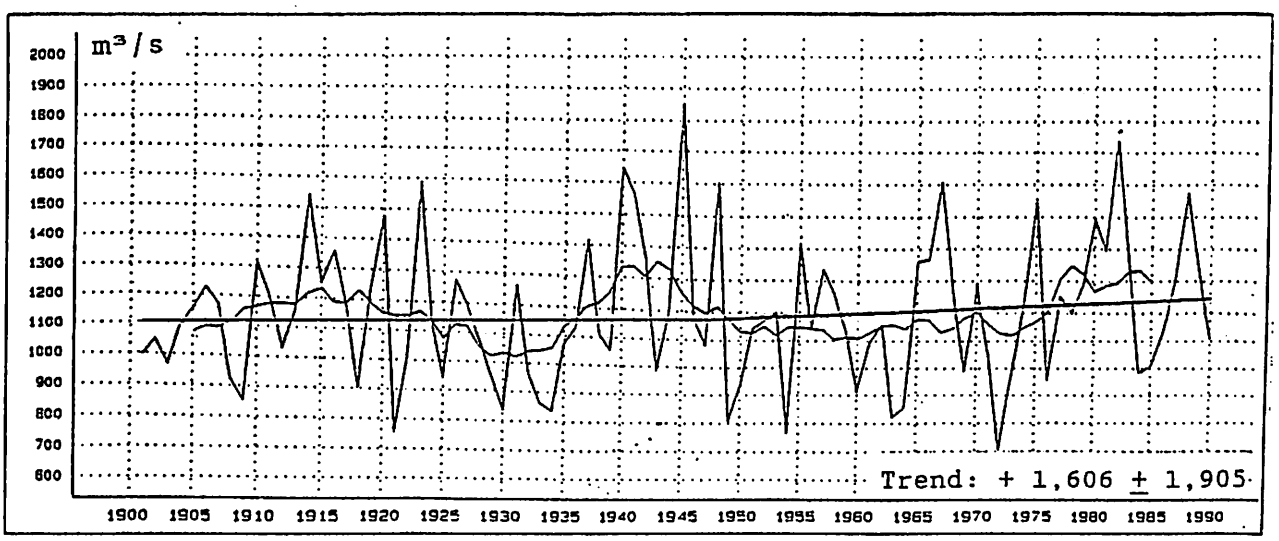


Abb. 4: Pegel Achleiten/Donau - Mittlere Abflüsse der Winterhalbjahre (November-April) und 10jähriges gleitendes Mittel

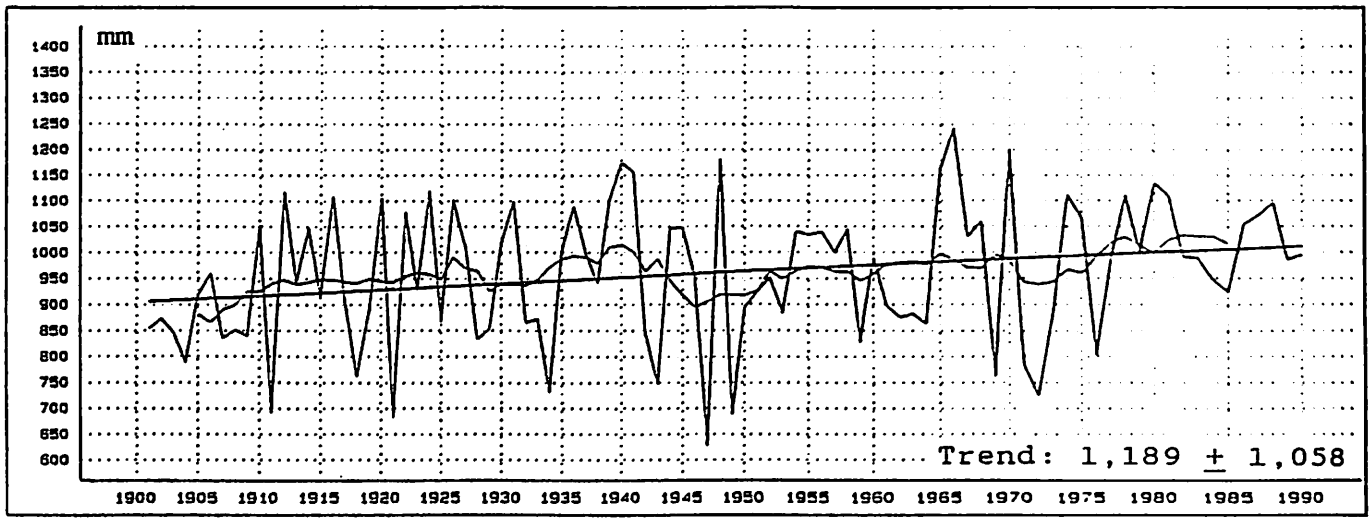


Abb. 5: Deutsches Donaugebiet - Jährliche Gebietsniederschläge (mm)

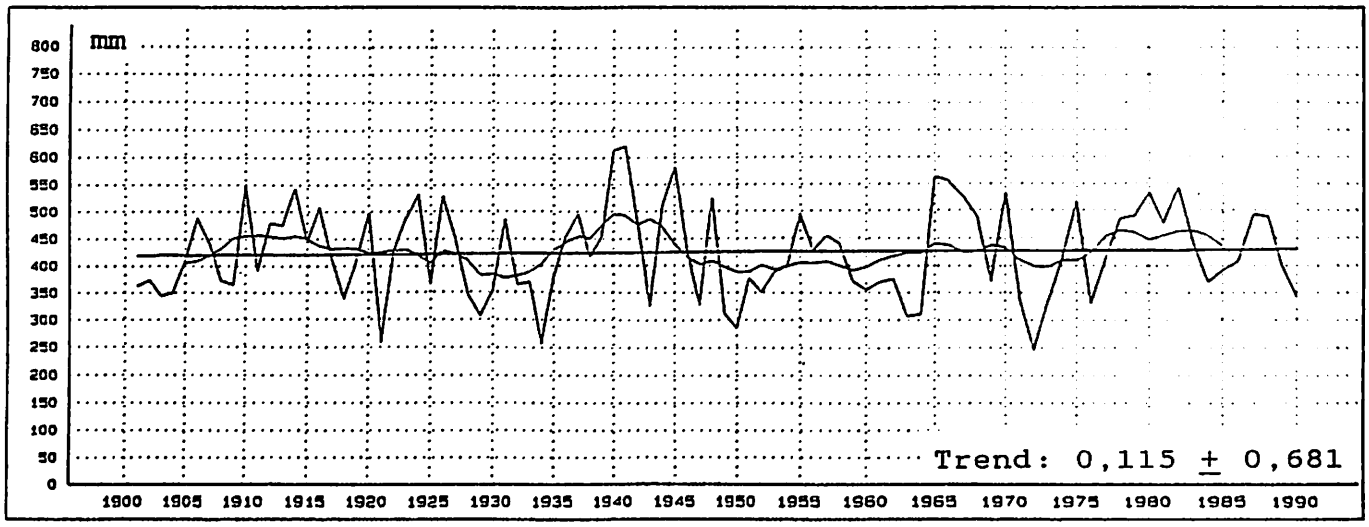


Abb. 6: Deutsches Donaugebiet - Mittlere Jahresabflüsse (mm)

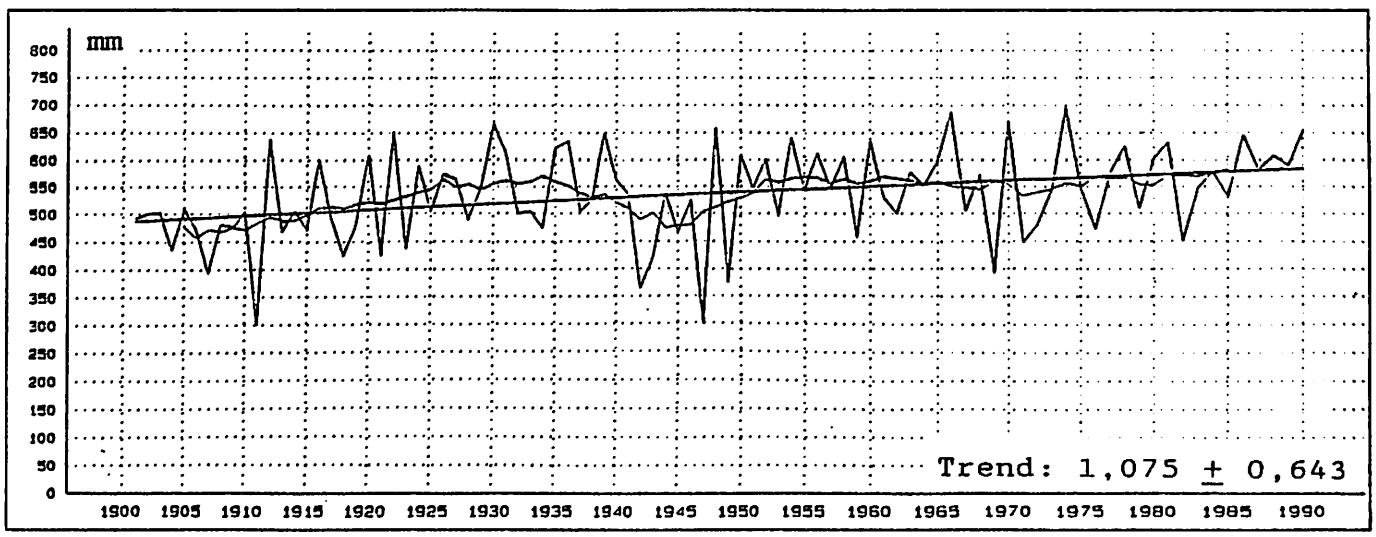


Abb. 7: Deutsches Donaugebiet - Jährliche Verdunstung (mm)

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

DAS DONAUHOCHWASSER VON AUGUST 1991 UND DESSEN VERLAUF IN DEM BEREICH DES WASSERKRAFTWERKES GABCIKOVO

ПАВОДОК РЕКИ ДУНАЙ ОТ АВГУСТА 1991 ГОДА И ЕГО ПРОХОД ЧЕРЕЗ УЧАСТОК РЕКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГИДРОУЗЛА ГАБЧИКОВО

FLOOD ON THE DANUBE IN AUGUST 1991 AND ITS PASSING THROUGH THE GABCIKOVO POWER PLANT RIVER SECTION

A. Svoboda, I. Kunsch, K. Hajtasova
А. Свобода, И. Кунш, К. Хайташова

Kurzfassung: Der Verlauf des Hochwassers vom August 1991 gab die Möglichkeit, die Hochwasserabflußverhältnisse der Donau im Gebiet des Wasserkraftwerkes Gabcikovo zu beurteilen, das mathematische Abflußmodell dieses Gebietes neu zu kalibrieren und den Verlauf der historisch bedeutsamsten Hochwässer mit Hilfe des Modells unter aktuellen Bedingungen zu rekonstruieren. Dies wurde ermöglicht auf der Grundlage direkter Messungen der Scheiteldurchflüsse in Bratislava und Medvedov. Die vorgestellten Ergebnisse weisen auf die Bedeutung der abflußregulierenden Wirkung des Kraftwerkes Gabcikovo bei Hochwasser hin.

Резюме: Паводок 1991 г. дает возможность обсудить условия паводкого стока Дуная на участке гидроузла Габчиково, рекалибрировать математическую модель стока для этого участка реки и реконструкцию прохода самых значительных исторических паводков в современных условиях русла реки. Это было возможно на основе непосредственных измерений расходов на пике паводка в створах Братислава и Медведов. Достигнутые результаты указывают на значение управления расходами воды на гидроузле Габчиково в течении паводков.

Summary: The flood of August 1991 offers the possibility to evaluate the flood flow conditions on the Danube under the influence of the hydro-power plant Gabcikovo, to recalibrate the mathematical runoff model for this river section, and to reconstruct the course of the most significant historical flood peak flows in Bratislava and Medvedov. The achieved results indicate the importance of the operation of the water structure complex Gabcikovo during floods.

Eines der Ziele des Wasserkraftwerkes Gabčíkovo an der Donau unterhalb von Bratislava ist der Hochwasserschutz des anliegenden Gebietes. Das Schema der Wasserkraftanlage Gabčíkovo zeigt die Abb.1, eine mehr detaillierte Umschreibung findet man in mehreren Publikationen (z.B./1/). Die Auswirkung der Wasserkraftanlage auf das Hochwasserregime, konkret die Wirkung der Abneigung eines Teiles des Hochwasserabflusses in den Derivationskanal, ist durch einen der Autoren dieses Beitrages in /2/ beschrieben. Aus den Resultaten folgert, dass unterhalb der Einmündung des Abfallkanals des Wasserkraftwerkes, steigt der Scheitelhochwasserdurchfluss in der Abhängigkeit von der Durchflussentnahme in die Derivation. Die mengenmässige Resultate wurden durch ein mathematisches Model des Abflusses durch das System Gabčíkovo erreicht. Dieses Model wurde durch bekannte Hochwasserwellen der Jahre 1977, 1980 und 1981 kalibriert. Das Hochwasser vom August 1991 gab die Möglichkeit sich zu überzeugen, in welchem Masse sich die Parameter des angewendeten Models seit dem letzten bekannten Hochwasser, veränderten. Anders gesagt, wie sich die Bedingungen des Hochwasserabflusses im letzten Dezenium veränderten. Ausserdem ermöglichte das aufgezeichnete Hochwasser vom August 1991 mit Hilfe des angeführten Abflussmodels zu erforschen, in welcher Weise in den jetzigen Bedingungen und nach der Fertigstellung des Baues, die höchsten historischen Hochwasserwellen und auch das hypothetische 1000 - jährige Hochwasser, verlaufen.

Hinsichtlich der erreichten Scheiteldurchflüsse und Wasserstände am Tschechoslovakischen Abschnitt der Donau, ist es möglich dass Hochwasser vom August 1991 zusammen mit den Hochwässern in den Jahren 1954 und 1965 zu den drei bedeutsamsten Hochwässern dieses Jahrhunderts zuordnen. Die Hochwasserwelle wurde durch ausserordentlich ausgiebige Niederschläge in den Tagen vom 31.7. bis 2.8.1991, welche sich praktisch im ganzen Einzugsgebiet der Donau oberhalb von Wien ausbreiteten, verursacht. Die Niederschlagssummen in diesen drei Tagen überschreiteten in manchen Messstationen Deutschlands und Österreichs 200 mm. Diese Regenfälle gingen in dem Zeitabschnitt nieder, wann noch im Folge der vorgehenden niedrigeren Hochwasserwelle die relativ hohe Bodensättigung und Füllung des Flussnetzes anhielte. Die Hochwasserwelle entstand am ganzen Flussabschnitt der Donau bis Wien, welche durch die Hochwasserführenden rechtseitigen Zuflüsse in Österreich aufgespeist wurde. Das Hochwasser erreichte den höchsten Wasserstand in der Nacht vom 5. auf den 6. August 1991 beim Durchfluss von 9430 m^3/s. Dieser Durchfluss war höher als der der Hochwasserwelle vom Jahre 1965, aber bei einem niedrigeren Wasserstand, in Folge der Vertiefung des Flussbettes im Bereich Bratislava (Kiesförderung und niedrigere Geschiebezufuhr durch den Ausbau der oberen Donau). Ohne dieser Vertiefung würde der höchste Wasserstand in Bratislava cca um 70 cm höher liegen. Der extreme Verlauf des Hochwassers war auch in den restlichen Pegelstationen am tschechoslovakischen Abschnitt der Donau aufgezeichnet, wobei in Gabčíkovo der absolute Höchstand erreicht wurde. Vom Standpunkt der Wahrscheinlichkeit des Überschreitungsdurchflusses handelt sich ungefähr um ein 40 -jähriges Hochwasser. Das beschriebene Hochwasser und die hydrometrischen Messungen während seiner Dauer lieferten wertvolle Angaben, welche unsere Kenntnisse über das Hochwasseregime der Donau vervollkommnen. Eine Zusamenfassung dieser Kenntnisse und davon resultierenden Schlussfolgerungen sind im weiteren Teil dieses Beitrages enthalten.

Auf Abb.2 sind mit voller Linie die registrierten Durchflussganglinien des Hochwassers in Bratislava und Medvedov, durch die gestrichelte Linie die

Abb.1

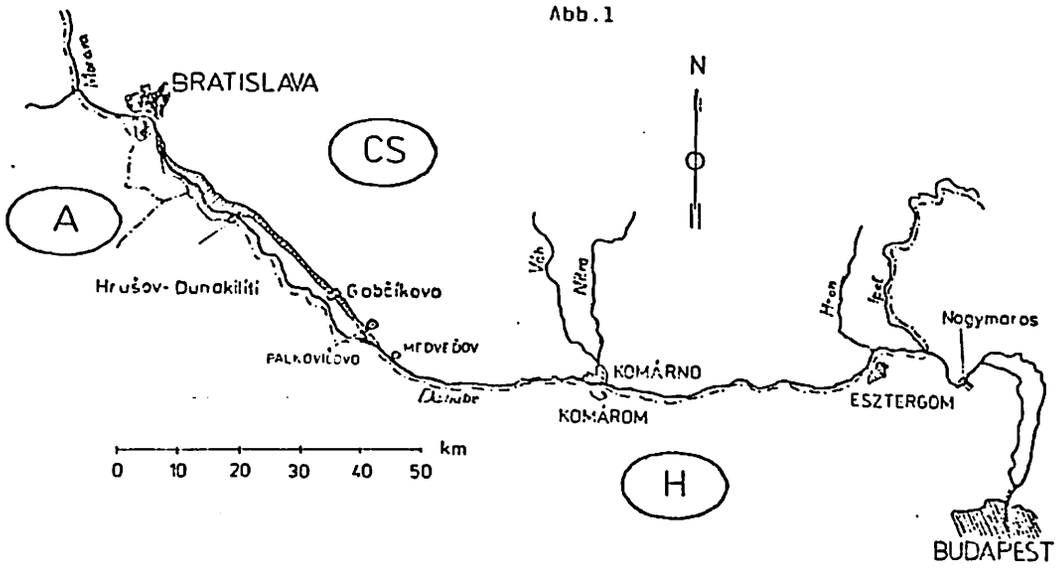


Abb.2

Дунай, Братислава - Медведов
Паводок 1991
(без ГЭС Габчиково)

Danube, Bratislava - Medvedov
Flood of August 1991
(without Gabčíkovo structure)

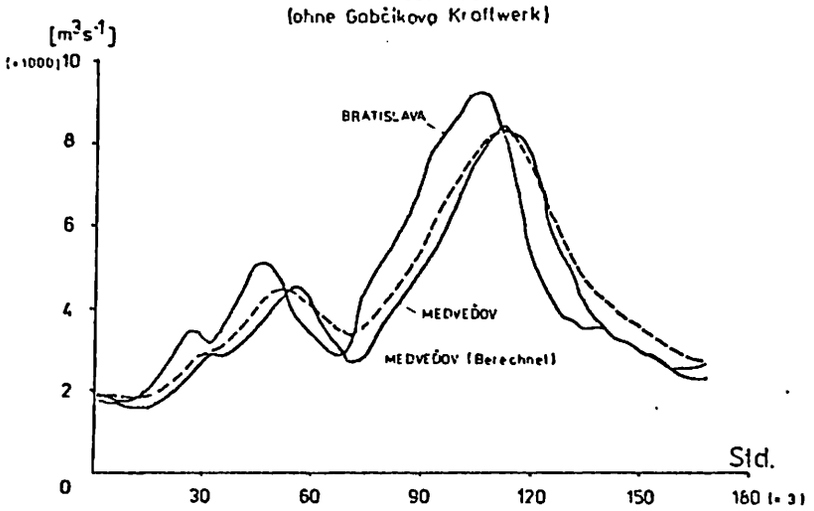


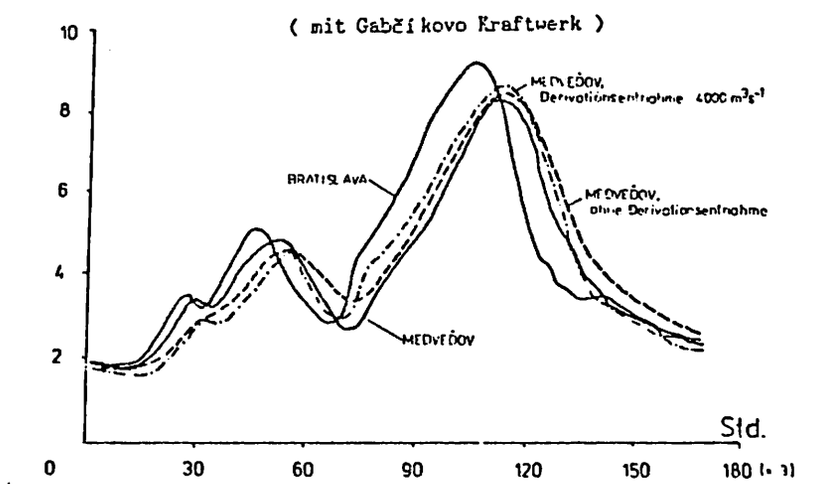
Abb.3

Дунай, Братислава - Медведов
(с ГЭС Габчиково)

—·—·—·— 4000 $м^3с^{-1}$ в деривации
— — — — без забора в деривацию

Danube, Bratislava - Medvedov
(with Gabčíkovo structure)

—·—·—·— 4000 m^3s^{-1} in diversion
— — — — without diversion



durch das Model berechnete Durchflussganglinie in Medvedov dargestellt. Auf Abb.3 sind die modelierten Ganglinien für Medvedov nach der Fertigstellung des Kraftwerksystems dargestellt. Die Punkt-Strich Linie stellt das Resultat bei der Entnahme 4000 m^3/s in die Derivation dar, und die gestrichelte Linie zeigt das Resultat für den Fall, dass der Durchfluss im Derivationskanal gleich Null ist. Die numerischen Werte der Scheiteldurchflüsse in Bratislava und Medvedov für die Hochwässer der Jahre 1991, 1965, 1954 (100-jähriges Hochwasser) und für das hypothetische 1000-jährige Hochwasser, sind in Tab.1 zusammengefast.

Tab.1

Hochwasser	QBL	QME	QME1	QME2	HME	HME1	HME2
		m^3/s			m ü.M.		
1991	9430	8456	8568	8692	115,89	115,95	116,Ø2
1965	9224	-	8847	8859	115,98	116,12	116,12
1954	10400	-	9493	9572	116,23	116,42	116,49
Q-1000	13000	-	11581	11712	-	117,47	117,56

QBL - Scheiteldurchfluss in Bratislava (gemessen oder vorausgesetzt)
Макс. расход в Братиславе (измеренный или предполаганный)
Peak flow in Bratislava (measured or assumed)

QME - Scheiteldurchfluss in Medvedov (gemessen)
Макс. расход в Медведове (измеренный)
Peak flow in Medvedov (measured)

QME1 - Scheiteldurchfluss in Medvedov (modelliert), ohne Entnahme in die Derivation
Макс. расход в Медведове (расчитанный), без забора воды в деривацию
Peak flow in Medvedov (calculated), without diversion discharge

QME2 - Scheiteldurchfluss in Medvedov (modelliert) im Falle der Entnahme 4000 m^3/s in die Derivation
Макс. расход в Медведове (расчитанный), с забором 4000 $м^3/с$ в деривацию
Peak flow in Medvedov (calculated), with diversion discharge 4000 m^3/s

HME - die wirklich gemessene Höchstwasserstände in Medvedov
Измеренные максимальные уровни воды в Медведове
Measured peak water levels in Medvedov

HME1, HME2 - den Durchflüssen QME1, QME2 entsprechenden Wasserstände (nach der heutigen Q-H Kurve)
Уровни воды, соответсвующие расходам QME1, QME2 по актуальной кривой Q - H
Water levels corresponding to the discharges QME1, QME2 according to the actual rating (Q - H) curve

Bemerkung: Das Nivean der Krone des Schutzdammes in Medvedov ist 117,30 m ü.d.M.
Уровень кроны дамбы в Медведоче есть 117,30 м н.у.м.
Crest of the protection bund in Medvedov is 117,30 m a.s.l.

Von den angeführten Resultaten ist es möglich mehrere Schlüsse zu ziehen, welche vom Standpunkt des Schutzes des durch den Aufbau betroffenen Gebietes wichtig sind, und zwar nicht nur nach der Fertigstellung des Kraftwerksystems, aber auch im jetzigen Zustand. Es ist ersichtlich, dass das angewendete mathematische Modell, verhältnissmässig gut die Hochwasserabflusszustände wiederspiegelt, besonders im Bereich der Kulmination. Aus den hypothetischen Verläufen nach der Fertigstellung des Kraftwerkes folgert, dass bei einer Abnahme von 4000 m^3/s in den Derivationskanal eine nur schwach ausgeprägte Erhöhung der Kulmination unterhalb der Einmündung des Abfallkanals des Wasserkraftwerkes eintretet. Andererseits erhöht sich bedeutend die Sicherheit des Abschnittes Hrušov-Gabčíkovo wo sich drei Dörfer in unmittelbarer Nähe des Schutzdammes befinden. Im Abschnitt Bratislava - Hrušov existieren schon neue Schutzdämme, welche im Rahmen des Kraftwerkbaues für die Entstehung des Speichers Hrušov - Dunakiliti errichtet wurden. Dieser wurde ursprünglich für den Spitzenbetrieb des Wasserkraftwerkes geplant. Diese Dämme sind so konstruiert, dass sie einen verlässlichen Hochwasserschutz des anliegenden Gebietes gewährleisten, was auch das letzte Hochwasser bewiesen hat. Im Abschnitt Hrušov - Gabčíkovo, in Folge der Nichtinbetriebnahme des Wasserkrafterkes, bietet den einzigen Hochwasserschutz der alte Schutzdamm, welcher nicht nur die drei obenangeführten Dörfer schützt, sondern auch den Schutz des Derivationskanal gewährleistet. Dieser Abschnitt ist im jetzigen Zustand an der Gränze der Sicherheit, nicht in Folge der unzureichenden Dammhöhe, aber mehr durch die erhöhte Sickerung durch den Damm und durch seinen Untergrund bei hohen Wasserständen. Eine ähnliche Situation ist auch im Abschnitt der Donau unterhalb der Einmündung des Derivationskanal (Palkovičovo), wo laut des ursprünglichen Projektes eine Vertiefung in der Länge von cca 20 km geplant war. Die Folge dieser Vertiefung würde eine teilweise Absinkung der Hochwasserstände sein. Im jetzigen Zustand ist die Überhöhung des Dammes in Medveďov cca 1 m über dem Wasserstand eines 100-jährigen Hochwassers, und eine Überhöhung von einem halben Meter entspricht einem Durchfluss von 1060 m^3/s, was dem Wert eines 300-jährigen Hochwassers entspricht. Auch in diesem Flussabschnitt ist es in der Dauer des letzten Hochwassers zu bemerkungswerten Sickerungen durch den Dammuntergrund gekommen.

Aus den Angaben der Tab.1 folgert, dass die Höchstwasserstände in Medveďov, welche im Laufe der Hochwässer der Jahre 1965 und 1954 registriert wurden, sind um cca 15, resp. 20 cm niedriger, wie die Wasserstände, die auf Grund der historischen Hochwässer durch das Modell, bei der Anwendung der aktuellen Q-H Kurve von Medveďov, berechnet wurden. Die Erklärung dieses Umstandes sehen wir einerseits in der Elimination umfangreicher Retentionsräume im oberen Teil des Speichers Hrušov, in Folge des Aufbaues neuer Dämme, andererseits durch die Veränderungen des Donauflussbettes im betroffenen Flussabschnitt, und auch durch die Dammbrüche während der katastrofalen Hochwässer der Jahre 1965, und 1954.

Wie alle bedeutenden Hochwässer der Vergangenheit, auch dieses zweitgrösste Hochwasser am gemeinsamen tschechoslovakisch - ungarischen Abschnitt der Donau in diesem Jahrhundert (betreffend des Scheiteldurchflusses), hat das Augenmerk der fachlichen, wie auch der breiten Öffentlichkeit, auf die Bedeutung des Hochwasserschutzes des anliegenden Gebietes gelenkt, insbesondere auf die Bedeutung des Wasserkraftwerkes Gabčíkovo für diesen Schutz. Es hat sich erwiesen, dass bei einer Voraussetzung der Möglichkeit einer Ablenkung 5000 m^3/s des Donauwassers in den Derivationskanal, erhöht sich bedeutend der Hochwasserschutz des Gebietes welches die Derivation durchläuft. Unterhalb der Dervationseinmündung, stellen die existierenden

Dämme die einzige Schutzeinrichtung vor. Die aktuelle Höhe der Dammkrone gewährleistet einen Schutz vor Hochwässern, welche höher als ein 100-jähriges Hochwasser sind. Für ihre Schutzwirkung ist auch ihr technischer Zustand massgeblich, insbesondere die Widerstandsfähigkeit des Dammes und dessen Untergrundes gegen Sickerungserscheinungen, welche zu einem Dammbruch führen könnten.

Die Durchflussregelung durch das Wasserkraftwerk hat auf das Hochwasserregime unterhalb der Einmündung des Derivationskanals in die Donau nur einen kleineren Einfluss, welcher aber während kritischer Wasserstände eine bedeutende Rolle spielen kann. Bei diesen Situationen tretet die Bedeutung einer rechtzeitigen und genügend verlässlichen Vorhersage der Hochwasserwelle für den Eintrittsprofil Bratislava hervor. Dies ist besonders wichtig im Falle der steilen Hochwasserwellen, wie es im August 1991 der Fall war, wann der durchschnittliche Anstieg der Durchflüsse cca 4500 m^3/s in 24 Stunden betrug. Während eines Hochwassers, im Falle dass am Anstieg des Hochwassers die rechtseitigen Zuflüsse vom österreichischen Teil des Donaueinzugsgebietes massgebend beteiligt sind (welche eine kurze Laufzeit bis zu der tschechoslovakischen Grenze aufweisen), ist eine zuverlässige Vorhersage besonders wichtig. In diesen Situationen ist die Zusammenarbeit der Vorhersagedienste der Nachbarstaaten von besonderer Bedeutung, und das nicht nur in der Dauer des Hochwassers, aber auch für die Entwicklung neuer und besserer Methoden der Vorhersage, welche für die bedeutendsten Zuflüsse auf der Basis der Niederschlag - Abfluss Modellen gegründet werden sollen. Die Zusammenarbeit dieser Dienste hat sich in der Dauer des beschriebenen Hochwassers als beispielhaft erwiesen, wovon man schliessen kann, dass in der Zukunft extreme Hochwässer ohne katastrofalen Auswirkungen bewältigt werden können.

Literaturverzeichnis

/1/ SVOBODA A. Change in flood regime of large rivers as a consequence of a significant water diversion : example of the hydropower plant Gabčíkovo on the river Danube. In : Hydrology for the Water Management of Large River Basins, Proceedings of the Vienna Symposium, August 1991, IAHS Publ. No.201, 1991, pp.203-208

/2/ SVOBODA A. Abflussregime der Donau unter Bedingungen der Einführung des Wasserkraftwerkes Gabčíkovo in Betrieb (slovakisch). Bericht R-05-531-139-01.05, Forschungsanstalt für Wasserwirtschaft (VÚVH), 1989, Bratislava, ČSFR

Anschrift der Verfasser

Aleš Svoboda
Institut für Hydrologie und Hydraulik
Slovakische Akademie der Wissenschaften
Trnasvská 32
826 51 Bratislava, ČSFR

Ivan Kunsch, Katarína Hajtášová
Slovakisches Hydrometeorologisches Institut
Jeseniova 17
833 15 Bratislava, ČSFR

Влияние климатических и антропогенных факторов на уровень грунтовых вод с точки зрения агрометеорологии

Елена Калмар

За последние годы на значительных территориях между Дунаем и Тисой резко возрасли потери урожайности сельскохозяйственных культур, что не всегда удается объяснить только неблагоприятными метеорологическими условиями и учетом уровня агротехники. В большинстве случаев необходимо учитывать и колебание уровня грунтовых вод как одного из источников влагообеспечения растений. В данном докладе кратко дается анализ влияния изменения уровня грунтовых в корнеобитаемом слое почвы на развитие растений.

Agrometeorological aspects of the climatological and human activites influences to the groundwater level

During the last years in a considereble part of the region between the Danube and Tisza rivers the productivity of some of agricultural plants decreased. In some cases it is impossible to explain this phenomenon by unfavourable meteorological and agrotechnical parameters. Very often we have to take into consideration the fluctuations of the groundwater level as one of the water resources for agricultural plants. In the present paper we try to analyse the effect of the fluctuations of the groundwater on the plants in the root soil layer.

E. Kalmar, Ungarn
Der Einfluß klimatologischer und anthropogener Faktoren auf die Änderung des Grundwasserstandes vom Standpunkt der Argrarmeteorologie

Е. Кальмар, Венгрия
Влияние климатических и антропогенных факторов на изменение уровня грунтовых вод с точки зрения агрометеорологии

ВВЕДЕНИЕ

Важной задачей агрометеорологии является расчет влажности почвы к началу вегетационного периода (март - апрель), а также в период максимального влагопотребления растений (для озимой пшеницы это начало июня, для кукурузы и подсолнечника-середина июля). Традиционные агрометеорологические модели расчета влажности почвы в корнеобитаемом слое не учитывают роль грунтовых вод, в моделях исключается капиллярный подъем влаги, не принимается во внимание сезонное изменение уровня грунтовых вод, что часто приводит к значительным погрешностям в оценках влажности почвы и учета влагопотребления растений. Анализ засух последних лет, особенно 1986. и 1990. годов, показал, что кроме учета и анализа метеорологических данных, испарения и влажности почвы, необходимо знать и ввести в модели влияние изменяющегося уровня грунтовых вод (1). Не останавливаясь на подробном описании рассчетных моделей вычисления влажности почвы, а также влагообеспечения отдельных сельскохозяйственных культур, кратко рассмотрим роль грунтовых вод во влагоснабжении растений (2, 3, 4).

В Венгрии для произрастания, традиционных культур температурные условия в основном удовлетворяют потребностям растений в тепле. В тоже время на территории страны, в особенности на равнине между Тисой и Дунаем, временное распределение осадков очень неоднородно, в летние месяцы довольно часты длительные засушливые периоды. Количество осадков, выпадающее за вегетационный период, весьма редко достигает оптимального для растений уровня. Несмотря на это, в большинстве случаев культурные растения, относящиеся к классу мезофитонов, обычно хорошо развиваются и приносят удовлетворительный урожай и при выпадении недостаточного количества осадков. В значительной мере это объясняется наличием грунтовых вод как одного из источников влагообеспечения растений. На равнине между Дунаем и Тисой средний многолетний уровень грунтовых вод располагается на глубине между 1 и 3 метрами (рис. 1), что непосредственно или относительно влияло на влагообеспеченность растений (5).

Хорошо развитая корневая система мезофитонов обычно достигает глубины 2 - 3 м, некоторые виды (например, люцерна) даже 3 - 4 м. Оптимальный уровень грунтовых вод для кукурузы и подсолнечника, а также для ячменя находится на глубине 1.5 - 3 м, максимальная урожайность озимой пшеницы и картофеля наблюдалась при глубине грунтовых вод ниже 1.5 м, обычно 2 - 3.5 м. Для фруктовых деревьев оптимальный уровень лежит на глубине между 1.5 и 3 м. Для виноградников грунтовые воды, расположенные выше 1.5 - 2 м, оказывают отрицательное воздействие на урожайность (7).

Благодаря периодическому сезонному изменению уровня грунтовых вод, в начале весны обычно наблюдается умеренный избыток, в середине или в конце лета наступает умеренный дефицит почвенной влаги, что большинство культурных растений переносит без значительного ущерба. Обычно осенне-зимние осадки промачивают почву до глубины 1.5 - 2 м и в начале весны соприкасаются с грунтовыми водами, таким образом слои почвы, расположенные ниже 2м, достигают уровня полной полевой влагоемкости. К середине лета, когда верхний метровый слой почвы высыхает, в более нижних слоях корневая система мезофитонов еще находит достаточное количество влаги (8).

С 1982. года на значительной территории равнины между Дунаем и Тисой наблюдается резкое понижение уровня грунтовых вод (рис. 2), которое невозможно объяснить только уменьшением количества выпавших осадков (в 80-ые годы наблюдался целый ряд засушливых лет). Снижение уровня грунтовых вод объясняется совместным воздействием как метеорологических и гидрологических, так и антропогенных факторов (9). В тоже время на обширных территориях к востоку от Тисы наблюдался подъем уровня грунтовых вод за счет антропогенных воздействий (введение в строй плотин, водо- хранилища, орошение).

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ДАННЫЕ И МЕТОДИКА

Для определения территориальных особенностей изменения уровня грунтовых вод были использованы данные 46 измери тельных колодцев за период с 1952 по 1986 годы (10). Расположение колодцев представлено на рис. 3. При выборе колодцев мы придерживались следующих принципов: максимальный уровень грунтовых вод не должен быть ниже 3.5 - 4 м, т. к. более глубоко залегающие грунтовые воды существенно не влияют на влагообеспеченность большинства сельскохозяйственных культур; большинство колодцев располагается на важных сельскохозяйственных территориях по возможности вблизи метео- рологических станций, обладающих непрерывными многолетними рядами наблюдений. Совместно с обработкой данных уровня

рологических станций, обладающих непрерывными многолетними рядами наблюдений. Совместно с обработкой данных уровня грунтовых вод производилась обработка следующих метеорологических параметров: месячные суммы осадков за период с 1952 по 1990 год; среднемесячные температуры за тот же период; среднемесячные значения испарения с 1960 по 1990 год; среднемесячные значения влажности почвы в слоях 0-50 и 50-100 см за тот же период. Кроме того, принимался во внимание ход погодных условий за отдельные годы, суммы осадков отдельно за летнее и зимнее полугодие, температурные условия почвы в зимний период.

Для совместного анализа влияния осадков на уровень грунтовых вод к началу вегетационного периода учитывался тот факт, что в большинстве случаев осадки, выпадающие в весенние и летние месяцы, в основном используются на испарение и только в очень редкие годы пополняют грунтовые воды. Поэтому при рассчетах мы брали суммы осадков только за осенне-зимний период (с октября по февраль). Взаимосвязь уровня грунтовых вод и осадков анализировалась с помощью регрессионных методов с использованием парной и множественной линейной и нелинейной корреляции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Многолетние колебания уровня грунтовых вод мы разделили на три группы

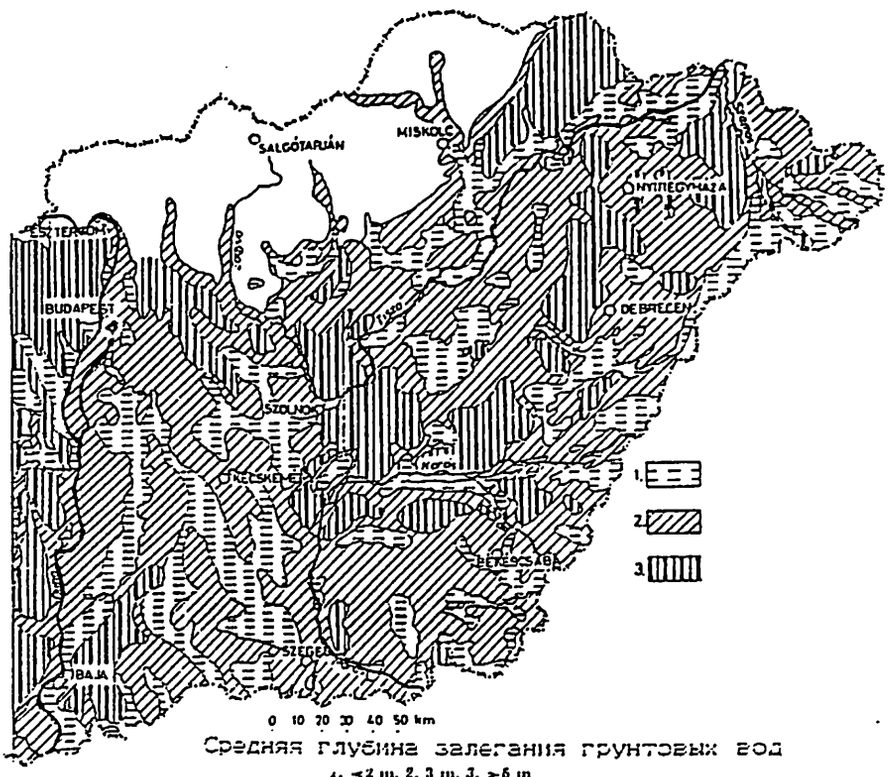
1. Естественный многолетний ход уровня грунтовых вод
2. Понижение уровня грунтовых вод за счет антропогенных воздействий
3. Повышение уровня грунтовых вод за счет антропогенных воздействий

Многолетний ход естественного колебания уровня грунтовых вод происходит только за счет естественных параметров - осадков, испарения, а также притока и оттока влаги в почве. В этом случае уровень грунтовых вод во влажные годы годы повышается, в засушливые периоды понижается (рис. 4). Зависимости среднего высокого весеннего (мартовского или апрельского) стояния уровня грунтовых вод от средней суммы осадков за зимнее полугодие в этих случаях тесная, коэффициент корреляции (r) обычно колеблется от 0.58 до 0.85 при сигнификационном уровне p=0.01. Снижение уровня грунтовых вод в засушливые годы и повышение во влажные периоды не является необратимым, обычно при благоприятных условиях уровень

грунтовых вод по всей стране был довольно низок, в колодцах с естественным ходом уже к весне 1953. года грунтовые воды не только достигли, но в ряде колодцев даже пре высили средний многолетний уровень, таким образом восстановилось равновесие. Следует отметить, что отклонения в ходе естественных грунтовых вод невелики по сравнению с изменениями, происходящими в связи с антропогенным вмешательством.

Совсем по другому ведут себя грунтовые воды, изменение уровня которых произошло не только от изменения климатических условий, а также от антропогенных воздействий. Корреляционая связь с осадкамив этом случае слаба, r обычно меньше 0.5, более того, часто совсем не наблюдается сигнификационная связь с осадками. На примере колодца 425 (рис.5). видно, что до 1980. года колебание уровня грунтовых вод в основном следовало за изменением хода осадков (r=0.56), с 1982. года началось резкое снижение уровня грунтовых вод, которое нельзя объяснить только серией засушливых лет, за период этих лет связь с осадками практически отсутствовала (r=0.18) На соседних территориях, где антропогенное вмешательство не наблюдалось, связь уровня грунтовых вод с осадками была даже в эти годы тесной (r=0.68).

По-видимому резкое изменение (в основном понижение, но в ряде случаев и повышение) уровня грунтовых вод за счет антропогенного вмешательства при накладывании неблагоприятных климатических условий носит необратимый характер. Даже в том случае, если в ближайшем будущем наступит серия лет, благоприятных с точки зрения изменения климата (в данном случае серии со значительным, больше нормы осадками, что, впрочем, мало- вероятно), уровень грунтовых вод на этих территориях даже тогда не сможет повыситься до оптимального для растениеводства уровня. Таким образом, на этих территориях неорошаемому земледелию грозят чрезвычайно неблагоприятные условия, в последующие годы при выпадении в течении вегетационного периода недостаточного количества осадков следует рассчитывать на большие потери урожайности.



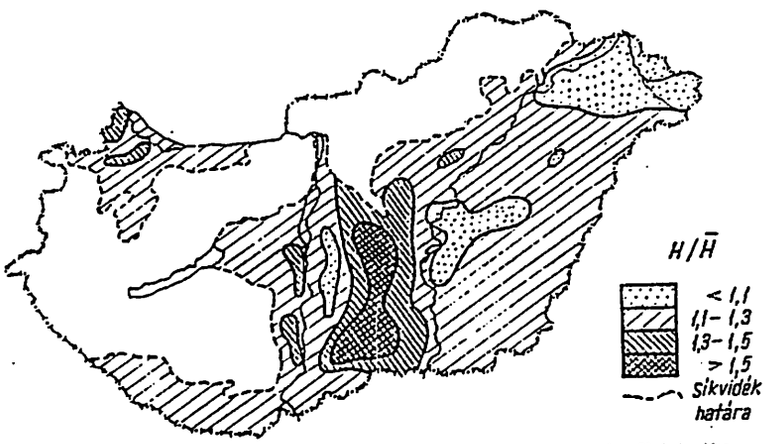
Средняя глубина залегания грунтовых вод

1. <2 m, 2. 3 m, 3. >6 m

Fig. 1 Average depth of the ground-water level

1. Average depth smaller than 2 m, 2. the average depth is 3 m, 3. the average depth is greater than 6 m

Рис. 1



ábra. A talajvízállás (terep alatti mélység) sokévi átlaghoz viszonyított arányának terület eloszlása

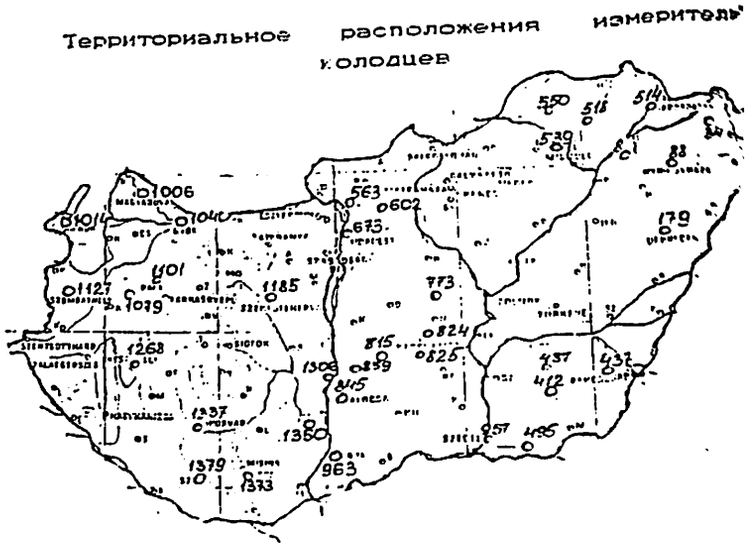
Fig. 2 Areal distribution of the ratio of groundwater leves (depth of water table) to the multiannuel mean

Bild Gebietliche Verteilung des Verhältnisses der Tiefe des Grundwasserspiegels zu ihrem langjährigen Mittelwert

Fig. 2 La répartition en espace du rapport entre les niveaux (les profondeurs) de la nappe phréatique et les valeurs moyennes interannuelles

Территориальное распределение значений стояния грунтовых вод в 1990 году

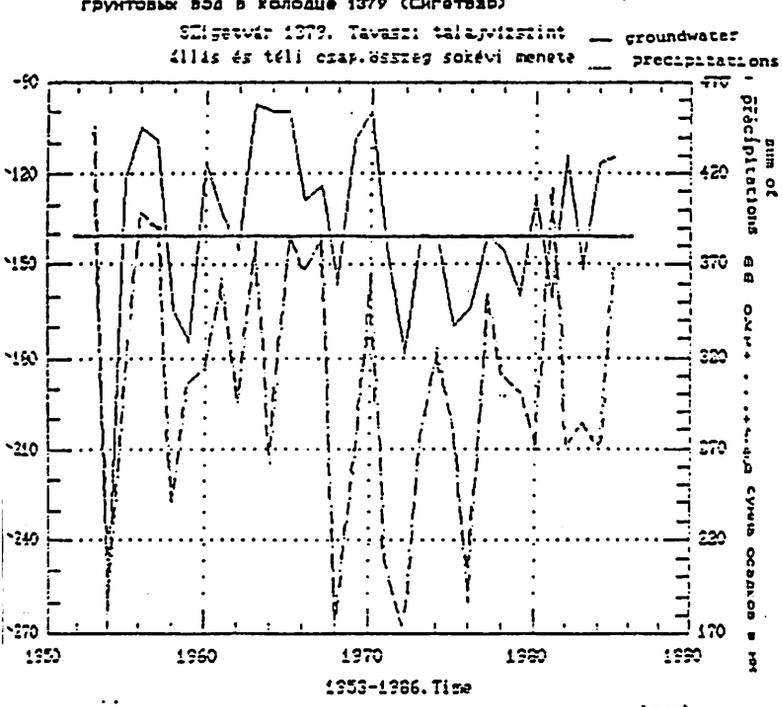
рис. 2



The groundwater observation stations

Рис. 3

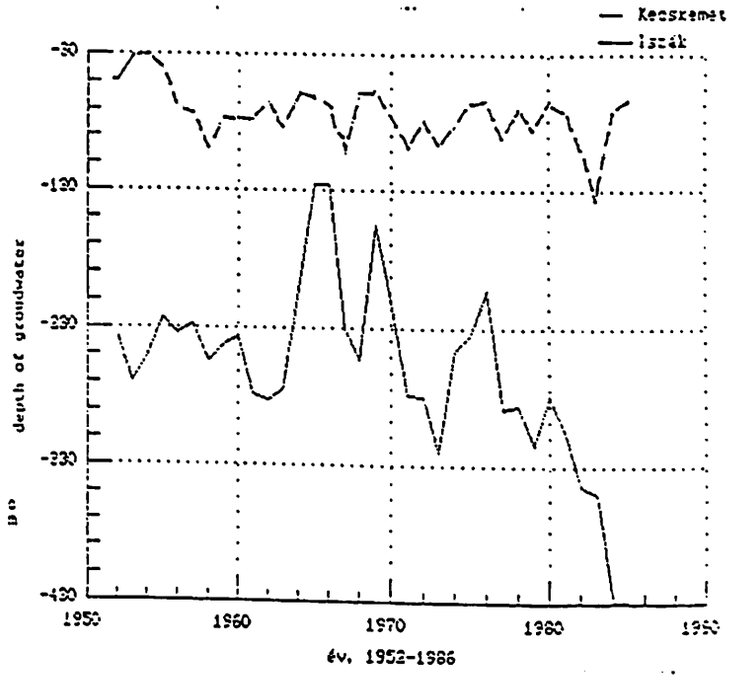
Многолетнее колебание и тренд картовского уровня стояния грунтовых вод в колодце 1379 (Сигетвар)



Long-term fluctuation and trend of the groundwater level and sum of the Precipitations in Szigetvar

Рис. 4

Long-term fluctuation of the groundwater level in Kecskemet and Izsak



Многолетнее колебание картовского уровня грунтовых вод в колодце 825 (Кечкемет) и 815 (Изак)

Рис. 5

Список литературы

1. Szalóki, 1974. A talajvíz hatása néhány szántóföldi növény fejlõdésére és szerepe azok vízellátásában. Öntözéses gazdalkodás, vol. XI n2.

2. Kovács, 1977. Talajmechanica Tankönyv kiadó

3. Ragab, 1990. A Soil Water Balance and Dry Matter Production Modell: I. Soil Water Balance of Oat. Agronomy Journal, vol. 82, january - february

4. Kozlowsky, 1984. Floading and Plant growth. John Wiley & Sons, New York

5. Rónai, 1985. Az Alföld negyegidõszaki földtana. Geológica Hungarica, serien geologica, tomus 21. Institum Geologicum Hungareicum, Budapest.

7. Kusnyirenkó M., 1981. A gyümölcsfák vízforgalmának és szárazságtûrésének élettána. Mezõgazdasági Kiadó, Budapest

8. Childyal B., Tripalhi R., 1987. Soil Physics Academic Press, London

9. Pálfai I. 1992. Az 1990. évi aszály Magyarországon. Vízügyi Közlemények, LXXIII. évfolyam 1992. évi 2. füzet

10. Major P., Neppel F. 1988. A Duna-Tisza közi talajvízszint-süllyedések. Vizügyi Közlemények, LXX. évfolyam. 4 füzet

11. Vízrajzi Évkönyv, 1952-1986. Vízgazdalkodási Tudományos Kutató Központ

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

ERHÖHUNG DER HOCHWASSERABFLÜSSE DER DONAU UND IHRER ZUFLÜSSE DURCH REGULIERUNGEN UND STAUSTUFEN VON KRAFTWERKEN

INCREASE OF FLOOD DISCHARGES OF THE DANUBE AND ITS TRIBUTARIES DUE TO REGULATIONS AND RIVER BARRAGES OF POWER PLANTS

M. Breznik

Kurzfassung: In regulierten Flüssen und in Staubecken oberhalb der Wehre wird der Abfluß zum Ausgleich des vergrößerten Querschnittes aufgestaut, um das Gefälle beim Öffnen der Wehre zu vergrößern und so die verminderte Rauhigkeit auszugleichen. Natürliche Retentionsräume der Flüsse bei Hochwasser sind mit Stauwasser gefüllt und durch Deiche vom Flußlauf abgetrennt. Im Falle eines Hochwassers werden die Wehre gehoben, um einen Teil des aufgestauten Wassers aus den Becken abzulassen. Durch den unverzögerten und zeitlich verkürzten Abfluß kommt es zur Erhöhung der eigentlichen Niederschlagsintensität, was zu katastrophalen Hochwasserereignissen führt. Der Vortrag nimmt nicht nur eine quantitative Bewertung dieses Sachverhaltes vor, sondern weist auch auf mögliche Gegenmaßnahmen hin.

Summary: In regulated river beds and in reservoirs upstream of river barrages of power plants the capacity of the flow is being increased due to enlarged cross section, great head at lifting of gates and reduced roughness. Natural retentions of water in the river are filled with reservoir water and flood areas isolated from the river. Opening of the gates at high waters causes to some extent the outflow of accumulated water from the reservoirs. Due to the accelerated and shorter outflow the relevant intensities of precipitation become greater. The paper not only gives a quantitative estimate of those significant influences which will cause the great increase of dangerous flood water but also suggests the appropriate measures to be taken.

HOCHWASSER IN DER VERGANGENHEIT

Die bekannten grössten Überschwemungen an der Donau waren im Jahre 1501. In Wien sollte der Durchfluss 14.000 m^3/s mit dem Pegelstand rund um 1005 cm bei Reichsbrücke betragen und um 2 m höher als im Jahre 1954 gewesen sein. Andere Hochwasser in Wien waren im November 1787 mit 11.900, im September 1899 mit 10.500, im Juli 1954 mit 9600, im Juni 1965 mit 9600 m^3/s und im August 1991.

Fluss-Messstelle	Datum Stunde	Pegel-stand cm	Spitzen-abfluss m^3/s	Über-schwemmung km^2
Salzach-Salzburg	8.7. 21	545	2500	
Inn-Ering	09.7. 21		5900	
Inn-Schärding	10.7. 01	1134		30
Donau-Vilshofen	12.7. 10	683	4500	?
Donau-Passau	10.7.	1220		
Donau-Obernzell	10.7.		9600	
Donau-Engelhartzell	10.7. 12	996	9100	
Donau-Aschach	10.7. 13	814		62
Donau-Linz	11.7. 01	962	8400-8900	151
Traun-Wels	8.7. 22	550	1100	
alt Donau-Mauthausen	11.7. 21	917		
Enns-Enns	8.7. 21	495	1600	
Donau-Grein	12.7. 13	1430		
Donau-Ybbs	12.7. 11	958	10300	
Donau-Krems	13.7. 01	898	10000	282
Donau-Tulln	14.7. 23	844		
Donau-Wien-Nussdorf	14.7. 13	825	9600	84
Donau-Hainburg	15.7. 10	906		14
Gail-Mauthen	02.9. 10	538	320	
Schwarzach-Hopfg.	02.9.		250	
Isel-Brühl	03.9	450	350	
Isel-Lienz	3.9. 8	480	720	
Möll-Mollbrücke	3.9.	525	430	
Lieser-Spitall	2.9. 15	327	400	
Drau-Oberdrauburg	3.9.		850	
Drau-Villach	4.9. 11	612	1550	
Drau-Annabrücke	4.9. 19	502	2200-2400	
Gurk-Gumisch	3.9. 10	353	130	
Kärnten				200

Tab. 1 Hochwasser im Juli 1954 in Donaugebiet und im September 1965 im Draugebiet (nach Embacher, Hans, Schmutterer 1956 und Wurzer, Zettl-Schreiber 1966)

Am Anfang Juli 1954 haben reichliche Niederschläge im Einzugsgebiet der Donau und Elbe mittelhöhe Gewässer mit dem Spiegel rund um 2 m höheren über mittlere Spiegel, verursacht. Nachdem waren sehr starke Niederschläge vom 7. bis 12. Juli. Im Bayern und westlich von Linz 150 bis 200 mm, im Nordrand der Alpen 250 bis 300 in Stein in Bayern 388 mm in 48 Stunden, im Jachenau 400 und Priental 488 mm. In Hohetauern began es über

800 m zu schneien. Der Donauabfluss ist in Obernzell innerhalb 48 Stunden von 2600 m^3/s am 8. Juli auf 9600 m^3/s gestiegen.

Wasservolumen dieser Flutwelle über den Grundabfluss von 2600 m^3/s war 3870 hm^3. Im Jahre 1954 waren am unteren Inn 30 km^2 und längs Donau in Osterreich 596 km^2 überschwemmt. Im Jahre 1954 haben nach Embacher (1956) die Überschwemungsgebiete die 125 Stunden dauernde Flutwelle der Donau in Österreich um 34 Stunden verlängert und den Abfluss um 1740 m^3/s verkleinert. Im Jahre 1965 waren in Österreich 835 km^2 davon 200 in Kärnten, in Tschechoslowakei 1.034, in Ungarn 700 und in Jugoslawien 245 km^2 überschwemt.
Die grössten Abflüsse der Drau waren in Jahre 1851 5000 m^3/s und in Jahre 1965 über 2400 m^3/s an der Staatsgrenze mit Slowenien. Im Jahre 1965 war der Wasserinhalt der Flutwelle 600 hm^3 über den Grundabfluss von 300 m^3/s.

URSACHEN FUR DIE VERSTARKTEN ÜBERSCHWEMMUNGEN INFOLGE VON FLUSSREGULIERUNGEN UND AUSBAU MIT STAUTEN

Wasserakkumulation. In natürlichen Verhältnissen wird ein Teil des Wasservolümens des Spitzenabflusses zwischen dem vorherigen und dem Hochwasserspiegel im Fluss so wie ein Teil im Überschwemmungsgebiet entlang des Flusses zurückgehalten. Im Wasserbecken der Flusstaustufen besteht keine Zurückhaltung des Hochwassers mehr, weil diese wasservoll sind. Bei regulierten Flüssen werden frühere Überschwemmungsgebiete durch Schutzdeiche vom Fluss abgeschnitten und vor Überflutung geschützt. Aus dem Speichern der Staustufen entfliesst beim Öffnen der Regulierschützen bei Hochwasser ein Teil des akkumulierten Wassers (Wasserkeil) und vergrössert den Hochwasserbfluss nach unten.

Schneller Abfluss. Im Böden der Staustufen säubern Büsche, später verschlämmen sie sich, mindern die Rauheit, vergrössert sich die Querschnittoberfläche. Das Spiegelgefälle wird beim Hub der Schützen schnell und stark verstärkt. Regulationen verkürzen die Flusstromlänge und verstärken auch das Gefälle. Wegen all der Einflüsse wird die Abflussfähigkeit des Flusses stark verstärkt und die Flutwelle fliesst schneller ab.

Vergrösserung der Niederschlagintensivität. Das höchste Hochwasser ensteht, wenn das Wasser bis zum beobachteten Profil aus dem ganzen Einzugsgebiet, bei grösster Niederschlag-intensität in der Zeit des Abflusses zufliesst. Weil aber die Abflusszeit kürzer wird, werden kurzzeitigere Niederschläge mit höherer Intensität von entscheidender Bedeutung. Die Gewässer der Donau, der Drau und der Mur fliessen vorwiegend gegen Osten. In derselben Richtung, bewegen sich auch die kalten Fronten mit reichsten Niederschlägen. In kürzerer Abflusszeit ist deswegen eine grössere Möglichkeit gegeben, dass sich die Wellen der grössten Flussabflüsse, und reichsten Niederschläge überdecken. Es wird eine auch grössere Koinzidenz der Flutwellen der Flüsse und Zuflüsse möglich sein.

BEWERTUNG DER ÄNDERUNGEN GEGENÜBER DEN JAHREN 1954 UND 1965

Retentionverlust in den Flüssen. Mit Verlust des natürlichen Retentionsvolumens rechnen wir für 3/4 des Flussabschnittes, weil in der Wurzel des Stauraums infolge Sediment die niedrige Wassertiefe erhalten bleibt. Wir rechnen nach der Gleichung:

$V_1 = B \times 3/4\ L \times dh_1$

V_1 - Retentionsverlust, B - Flussbreite, L - Abschnittslänge des Flusses, dh_1 - Spiegelerhöhung des Flusses bei Überschwemmungen. Auf Grund der Tabelle 1 rechnen wir für die Donau und grössere Flüsse mit einer Wasserspiegelerhöhung vom 5 m und für kleinere Flüsse mit einer Erhöhung von 4 und 3 m. (Tabele 2).

Fluss	Strecke	Retentionverlust Fluss hm^3	Retentionverlust Überschwem. hm^3	Abfluss beim Schützenhub hm^3
Inn-Donau	Ebbs-Wien-Grenze	377	55Ø	2Ø4
Donau	Grenze-Nagymaros	43	2Ø3Ø	86
Drau	bis Grenze	19	1Ø8	22
Drava	Grenze-Maribor	2	Ø	1

Tabele 2 Wichtigere Resultate der Wasservolumenänderung wegen den Neubauten zwischen den Jahren 1954-1991 im Donaugebiet und 1965-1991 im Draugebiet

Retentionverlust in Überschwemmungsgebiet. Wir rechnen nach der Gleichung:

$V_2 = c \times F \times dh_2$

V_2 - Retentionsverlust, F - Überschwemmungsoberfläche, dh_2 - durchschnittliche Wassertiefe im Überschwemmungsgebiet, c - Anteil der beschützten Gebiete.

Entlang der Donau und den grössern Flüssen rechnen wir mit einer durchschnittlichen Wassertiefe von 1 m, bei den übrigen von Ø,6m und c=Ø,9.

Abfluss beim Hub der Regulierschützen. Die Höhe der beweglichen Schützen an der Donau ist über 12 m, an anderen grösseren Flüssen über 1Ø m und an kleineren um 8 m. Wir schätzen, dass sich bei völligem Hub der Schützen der Wasserspiegel in der Nähe der Stauanlage, an der Donau um 5 m senken wird, an grösseren Flüssen um 4 m und and anderen um 3 m. Wir haben 3/4 Beckenlänge berücksichtigt, da das obere 1/4 überwiegend mit Sediment beschüttet ist. Das Volumen des Wasserkeiles haben wir nach der Gleichung ausgerechnet:

$$V_3 = \frac{B_3 \times 3/4\ L_3 \times dh_3}{2}$$

V_3 - abgeflossenes Wasser, B_3 - Beckenbreite, L_3 - Beckenlänge, dh_3 - Spiegelsenkung in der Nähe der Stauanlage beim Hub der Schützen.

Verkleinerung des Abflusses wegen Saisonspeicher. In Gebiergsgegenden wurden mehrere Stauräume zur Vergrösserung der Durchflüsse bei Trockenheit und Frost, erbaut. Bei Hochwasser werden diese Speicher die Flutwelle teilweise übernehmen. Wir rechnen nach der Gleichung:

$$RED = \frac{F_a \times k}{F_r} \times 100$$

RED - Senkung des Hochwassers in %, F_a - Einzugsgebiet des Speichers, F_r - Einzugsgegebiet des Flusses, k- Vergrösserung der Niederschläge im Gebirge.
Einszugsgebiet der Drau bei Lavamünd beträgt 11.000 km^2 und der Saisonspeicher 400 km^2.

SPEKULATIVE BEWERTUNG DER NEUBAUEINFLÜSSEN AUF HOCHWASSER (Tabele 3)

Eine Spekulation ist diejenige, welche auf Grund mangelhafter Angaben und mangelhafter Rechnungsmetoden ausgeführt wird . Ihre Absicht ist, nur Grössenordnung der Erscheinung zu zeigen.
Auf deren Grundlage kann man eine Entscheidung treffen ob weitere notwendige Untersuchungen mit besseren Methoden und vollkommeneren Daten auszuarbeiten wären, was jedenfalls zehn bzw. hundertmal teuerer und Zeitraubender ist.
Unsere spekulative Bewertung wurde auf folgende Weise durchgeführt:

Grundlage der Änderung	Grundwert	Änderungs-bewertung	Abfluss-änderung
Abflusskapazitet	2400 m^3/s	+20%	+ 480 m^3/s
Retention-Fluss	19 hm^3	Abfluss in 24 Stunden	+ 219
Retention-Überschwem	108 hm^3	"	+1250
Schützenhubabfluss	22 hm^3	"	+ 253
Saisonspeicher	2400 m^3/s	- 5%	- 120
Niederschlagintenzitet	2400 m^3/s	+10%	+ 240
Vergrösserung-Summe			+2322 m^3/s

Tabele 3 Speculative Bewertung der Vergrösserung des Hochwasserabflusses von 2400 m^3/s der Drau in 1965 wegen Neubaten 1965-1991

Vergrösserung der Abflusskapazität. Wir haben für 20% grösseren Abfluss berücksichtigt, weil Wasservolumen der Niederschläge und der Flutwelle schneller abfliessen wird.

Retentionsverlust und Abfluss beim Hub der Schützen. Wasservolumen unter diesem Einfluss haben wir im vorigen Kapitel ausgerechnet. Die Abflussvergrösserung berechnen wir nach der Gleichungen

$$Q = V/t$$

$$t = \frac{t_o \times L_1}{p \times r \times L_2}$$

Q - zusätzlicher Wasserbfluss, V - Retentionsverlustvolumen plus Wasserabflussvolumen beim Hub der Schützen, t - mittlere Durchflusszeit des Wasserabflusses, t_o - Durchflusszeit der Flutwelle gelegentlich der Überschwemmungen in den Jahren 1954 und 1965, p - Geschwindigkeitsvergrösserung der Flutwelle wegen Kapazitetsvergrösserung des Abflusses, bewertet auf 1,2 (+20%),

r - Verhältniss zwischen mittlerer Wasserbaflussgeschwindigkeit und der Geschwindigkeit der Flutwelle, bewertet auf 0,35, L-Distanz.
Die Durchflusszeit der Scheitel der Flutwelle von Villach bis Annabrücke (89 km) war 8 Stunden im Jahre 1965. Von Villach bis zur Grenze sind 111 km.

Vergrösserung der Niederschlagsintensität. Diesen Einfluss haben wir bewertet mit für 10% vergrössertem Hochwasserabfluss.

HOCHWASSERANKÜNDIGUNG UND WASSERWIRTSCHAFT

In Deutschland und in Österreich sind schon Systeme wirksam zur Beobachtung der Niederschläge und Abflüsse, zur Ankündigungen der Abflüsse und zur Stauraumentleerungen zur Übernahme der Flutwellen von Spitzenabflüssen. Dieses System wirkt befriedigend bei Hochwasser, bei katastrophenhochwasser wird es aber versagen, weil das Geschehnis schnell und heftig wird und von den Meteorologen nicht frühzeitig genug angekündigt werden kann um die Stauspeicher rechtzeitig zu entleeren.

In Slowenien sind im November 1990, in einer 50 km langen und 150 km breiten Zone in zwei Tagen 150 bis 200 mm Niederschläge gefallen und zwar in der stärksten betroffenen Zone entlang der Savinja inerhalb von nur 20 Stunden. Die Savinja hat in Laśko ein über 100 jährliches, in Celje ein unter 100 jährliches und in Nazarje ein über 100 jährliches Hochwasser erreicht. Der Gesamtschaden betrug 9 Milliarden DM (Breznik 1991,1). Die meteorologische Prognose, welche auf Grund der Ergebnisse aus numerischen Vorhersagemodellen von den grossen meteorologischen Zentren DWD-Offenbach, ECMWF-Reading und durch das Bild NDAA-11 des europäischen Satelliten METEOSAT vermittelt wurde, hat starke Niederschläge angekündigt. Die Analyse dieser Prognose hat gezeigt, dass es möglich war, lediglich starke Niederschläge vorauszusagen, keinesfalls aber derartige Niederschläge, die diese Katastrophe verursacht haben. Katastrophale Niederschläge könnte man nur mit meteorologischem Radar und der "Nowcasting" - Metode ankündigen für einige Stunden im voraus. (Gregorič 1991). Das ist aber eine zu kurze Zeit, um Staubecken zu entleeren. Viele Meteorologen sind der Meinung, dass sich das Weltklima ändert zu grösseren Extremen hin, zu langdauernden Trockenheiten und starken Regenzeiten mit Stürmen.

EMPFEHLUNGEN

Mit mathematischen Modellen müsste man die Naturverhältnisse bei Überschwemmungen in den Jahren 1954 und 1965 an der Donau und 1965 an der Drau mit den selben Niederschlägen auf die Hochwasserabflüsse in heutigen Verhältnissen hin veranschaulichen. Die Überschwemmung im August 1991 wird als Teilkontrolle der Ergebnisse dienen. Man müsste auch Extremeinflüsse des geschichtlichen Hochwassers aus dem Jahre 1501 an der Donau und 1851 an der Drau auf die neue Verhältnisse der Abflüsse analysieren. Unverhältnissmässig starke Abflüsse der Donau in Wien und in Budapest im August 1991 beweisen schon, dass es zur Verstärkung der Abflüsse, über welche wir verhandeln, gekommen ist.

Was können wir zur Veringerung der zu erwartenden verstärkten Abflüsse im Untelauf des Flusses als Folge des Überschwemmungsschutzes und des Staustufenbaus der Wasserkraft-Werke im Oberlauf des Flusses tun? Im oberen Flussstrom müsste man überall an Schutzdeichen Hangentlastungen anlegen und bei den höchsten Abflüssen natürliche Retentionen - einstige Überschwemmungsgebiete, welche nicht bebaut sein dürfen - wieder aktivieren. Erhaltung der Retention verlangt auch eine österreichische Verordnung mit Gesetzeskraft aus dem Jahre 1979. In den kritischen Monaten vom Juni bis September soll man den Wasserspiegel in Staustufen um 2 bis 3 m senken indem man auf diese Weise einen Teil des Volumens gewinnt zur Übernahme der vergrösserten Flutwelle und teilweise den Abfluss des Wassers beim Hub der Schützen verhindert. Die Spiegelabsenkung in den Staustufen wird im voraus entfallen, nachdem durch den wissenschaftlichen Fortschrit katastrophale Niederschläge früh genug angekündigt werden können. Es ist notwendig, die Hochwasserankündigung noch weiter zu verbessern. In der Kette der Flussstauanlagen sollen in kritischen Monaten die unteren Stufen in jedem Staat teilweise entlehrt werden und zur Übernahme des vergrösserten Hochwasserabflusses vorbereitet sein z. B. Hainburg und Dunakiliti an der Donau, Edling und Schwabegg an der Drau. Im unterem Flussstrom ist es erforderlich, die Schutzdeiche zu erhöhen, um fruchtbare Ebene zu schützen. Diese Arbeiten sollen auch durch die Staaten, welche die Hochwasserabflüsse zum eigener Schutz verstärkt haben, mitfinanziet werden.

Literaturverzeichnis

Bauch W (1968) Die Hochwasserwelle im ungestauten und gestauten Fluss. Wass Wirt 58 Stuttgart pp 11-15

Bokor M (1966) Die Hochwässer des Jahres 1965 im ungarischen Donautal. Ost Wass Wirt 18 Wien pp 237-247

Breznik M (1991,2) Povećanje velikih voda Dunava, Drave i Mure zbog regulacija i izgradnje hidroelektrana (Increased flood flows in the Danube, Drava and Mura rives as a consequence of river regulations and power plant constructions). Vodo-privreda 23 Beograd pp 3-9

Breznik M (1991,3) Analiza ujme 1990, kritika, naloge. (November Floods: Analysis, Critique, Tasks). Ujma 5 Ljubljana pp 121-123

Embacher F (1956) Die Hochwasserabflussmenge der Osterreichischen Donau im Juli 1954. Oest Wass Wirt 8 Wien pp 231-241

Gregorčič B (1991) Zmožnost napovedovanja vremena (Weather Forecasting Capabilities - Nowcasting). Ujma 5 Ljubljana pp 161-163

Guentschl E (1966) Die Hochwasserkatastrophen in Jahre 1965 - Oest Wass Wirt 18 Wien pp 62-70

Hans P (1956) Der Bau des Donaukraftwerkes Jochenstein. Das Katastrophenhochwasser 1954. Oest Wass Wirt 8 Wien pp 162-168

Kayser R, Heidemann E (1967) Die Haeufigkeit von Niederschlagsmengen in Mehrtagesperioden. Wass Wirt 57/4 Stuttgart pp 170-174

Kar J (1966) Das Katastrophenjahr 1965.Oest Wass Wirt 18 Wien pp 49-50
Kolbezen M (1991) Hidrološke značilnosti novembrske visoke vode leta 1990.(Flooding in Slovenia on November 1,1990).Ujma 5 Ljubljana 16-18
Kresser W (1955) Das Julihochwasser 1954 im Osterreichischem Donau gebeit. Oest Wass Wirt 7 Wien pp 45-57
Pircher W (1990)The contribution of hydropower reservoirs to flood control in the Austrian Alps. Proc Laus Symp Lausanne pp 3-10
Rajar R (1975) Računalniški program računa gladin. Univ Ljubljana
Rochlitzer J (1966) Das Donauhochwasser 1965 im Bereich der tschechoslowakischen Donaustrecke. Was Wirt Wass Tech 15 Berlin pp 267-269
Schmutterer J (1956) Das Katastrophenhochwasser 1954. Oest Wass Wirt 8 Wien pp 21-26
Steinhausser H (1955) Uber Hochwasser in den Osterreichischem Sudalpen. Oest Wass Wirt 7 Wien pp 272-277
Wurzer E (1966) Das September - Hochwasser in Kaernten und Osttirol. Oest Wass Wirt 18 Wien pp 71-76
Wurzer E (1984) 75 Jahre Schutzwasserwirtschaft und landeskultureller Wasserbau. Oest Wass Wirt 36 Wien pp 257-268
Widmann R (1988) Influence of alpine reservoirs on flood discharge. ICOLD Congr Vol 4 San Francisco pp 1471-1483, 1988
Zettl H, Schreiber H (1966) Hydrographische Charateristik der Hochwasserereiggnisse des Jahres 1965 in Oesterreich. Oest Wass Wirt 18 Wien pp 51-62
- Dravske elektrarne Maribor. ELES Ljubljana 52 pp, 1963
- Hidroelektrana Čakovec. Elektroprivreda Zagreb 8 pp, 1981
- Kraftwerke und Projekte.Oest Draukeaftwerke Klagenfurt 28 pp, 1982
- Hidroelektrana Dubrava. Elektroprivreda Zagreb 16 pp, 1986
- Dams in Austria. Aus Nat Com on Large Dams Wien 323 pp, 1991

Anschrift des Verfassers

Marko BREZNIK, Dr. Prof. im R.
Hidrotehnična smer FAGG, Univerza v Ljubljani
Hajdrihova 28, 61000 Ljubljana, Slovenija

5.8

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

EINFLUSS DER ANTHROPOGENEN TÄTIGKEIT AUF DIE HYDROLOGISCHE VORHERSAGE

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ

INFLUENCE OF HYDROLOGICAL FORECAST BY ANTHROPOGENIC ACTIVITY

M. Cizova
М. Чизова

Kurzfassung: Der Vortrag stellt die veränderten Transformationsbedingungen des Einzugsgebietes am Beispiel von zwei Durchflußwellen aus den Jahren 1964 und 1991 vor. Dabei sind sowohl die Höchststände als auch die Veränderungen in den Translationszeiten näher analysiert. Zum Schluß werden die Bedingungen, unter denen eine 24stündige Vorhersage für Bratislava möglich ist, dargestellt.

Резюме: В данной статье документируются изменения трансформационного воздействия водосборного бассейна на примере двух паводковых волн от 1964 и 1991 гг. Анализируются кульминанции, как и общие изменения времени добегания. В заключение резюмируются условия, в которых возможно в настоящее время издавать суточный прогноз для Братиславы.

Summary: Two discharge waves from 1964 and 1991 have been documenting the changes of the basin transformation effect. There have been analyzed culminations as well as general changes of discharge travel time. In conclusion there are summarized conditions upon which 24hrs forecasts for Bratislava can be performed at the present times.

Das letzte Hochwasser im Juli-August 1991 war im Durchfluß das zweitgrößte in diesem Jahrhundert. Dadurch wurde eine gute Gelegenheit zur Überprüfung der Veränderungen von Transformationswirkungen des Einzugsgebietes im Zusammenhang mit der anthropogener Tätigkeit geschafft.
Das Ziel dieses Beitrags ist, das approximative Maß der Beeinflußung des Vorhersagevorganges und Durchflußtransformationen für Bratislava in einfacher Weise zu ermitteln und zwar so, daß für das letzte Hochwasser wurden die alte Vorhersagebeziuhungen aus dem Jahre 1968 benutzt und umgekehrt, für die ausgewählte Welle aus dem Jahre 1964 wurden die in der Gegenwart angewandte Beziehungen verwendet.
Die Notwendigkeit der Methodikeninnovation ist durch zwei Erscheinungen verursacht:

- Verlust oder Veränderung der Durchflußmeßstellen, in denen die Wasserstände und Durchflüsse beobachtet werde und die in den Vorhersagemethodiken erwägt werden
- Beschleunigung der Waserbewegung im Einzugsgebiet.

Heute kann man nur mit Nostalgie auf die Stützpunkte der Vorhersagemethodiken zurückdenken: Linz (gegenwärtig nur bei den höheren Wasserständen verwendet), Schwarzholz, Kleinreifling, Krems und bei letzten Höchwässern auch Wien.
Aus alten und neuen Vorhersagebeziehungen ist es deshalb möglich, für Vorhersage in Bratislava für beide Wellen die Relationen Linz-Bratislava und Wien-Bratislava zu benutzen. Es geht um die Beziehungen, die mittels der Methode der mehrfachen Regressionsanalyse abgeleitet wurden. Die Beziehungen aus dem Jahre 1968 wurden durch Analyse von 82 Durchflußwellen aus den Jahren 1923-1988 abgeleitet, die "gegenwärtige" Beziehungen sind mittels der Analyse von 40 Durchflußwellen aus der Periode 1975-1988 abgeleitet.
Wie es in der Abbildung 1 gezeigt ist, die Translationszeit Linz-Bratislava wurde vor allem bei den Mittelwasserständen 440-460 cm markant verkürzt und zwar bis zur Hälfte, die Translationszeiten Wien-Bratislava deuten auch eine Verkürzung an.
Was die Transformation der Kulmination betrifft, wurde der erwartete Effekt bestätigt, d.h. auch die Erhöhung in der Gegenwart, jedoch ihr Maß bei der kleineren Durchflußwelle aus dem Jahre 1964 beträgt den Wert bis zum 3 %, bei diesjähriger Hochwasserwelle würde der Kulmination, der mit Hilfe von "alten" Vorhersagebeziehungen transformiert wurde, um etwa 5-10 % kleiner. Die zeitliche Kulminationsverschliebung ist aus der Abbildungen 3 und 4 ersichtlich.
Sei noch erinnert, daß die ursprüngliche Absicht war, auf diese Weise auch die Hochwasserwelle aus dem Jahre 1965 zu überprüfen, diese aber war in ihrer Genese von hier angeführten Wellen sehr unterschiedlich und konnte mit diesem Verfahren nicht bewertet werden.
Aufgrund dieser kurzen Stichprobe hat man den Eindruck, daß die Kulminationserhöhung, die durch gesamte Veränderungen im Einzugsgebiet entstanden ist, nicht so sehr ungünstig ist. Was jedoch die größte Probleme im Vorhersagedienst und bei den Benutzern verursacht, ist eben die Beschleunigung der Wasserbewegung- die Verkürzung der Translationszeiten bei den helftigen Wasseranstiegen, in den ansteigenden Ästen

der Durchflußwellen in der Phase vor der Kulmination, wo auch die größte Vorhersagefehler entstehen. Das war auch der Fall bei der Winterwelle im Dezember 1991, wenn der größter Anstieg innerhalb 24 Stunden in Bratislava - um 380 cm - registriert wurde.
Für die 24-stündige Vorhersage war Linz die Grunddurchfluß-meßstelle, minimale Translationszeit nach Bratislava betrug im Jahre 1968 20 Stunden, meistens 24 Stunden und mehr. Gegenwärtig wird diese Beziehung nur ab mittleren Durchflüssen benutzt und die Translationszeit verkürzte sich auf 10 bis 20 Stunden.
Was die Kulmination angeht, hier sind die Vorhersagebeziehungen erfolgreich verwendbar, bei der laufenden Prognostizierung und der Wellenantritten muß die Aufmerksamkeit auf die neue Verfahren, auf die höher gelegene Durchflußmeßstellen an der Donau und ihren Zuflüssen konzentriert werden, was wiederum neue und erhöhte Förderungen an operative Daten bedeutet.
Unsere neue Förderungen wurden von hydrologischen Diensten in Österreich und Deutschland in vollem Ausmaß akzeptiert, wofür und auch für die gute Zusammenarbeit möchten wir uns von dieser Stelle bei unseren Kollegen-Hydrologen bedanken.
Aufgrund dieser kurzen Retrospektive kann festgestellt werden, daß der Vergleich mit der Vergangenheit eine mäßige Erhöhung der höchsten Scheiteldurchflüsse andeutet, bei den niedrigen und mittleren Durchflüssen wurden die Translationszeiten markant, bei höheren mäßiger verkürzt und die Ansprüche an die Menge der operativen Daten, die zur Ausübung des Vorhersagedienstes notwendig sind, vergrößerten sich wesentlich.

Anschrift des Verfassers

Magda ČÍŽOVÁ
Slovenský hydrometeorologický ústav
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava
CSFR

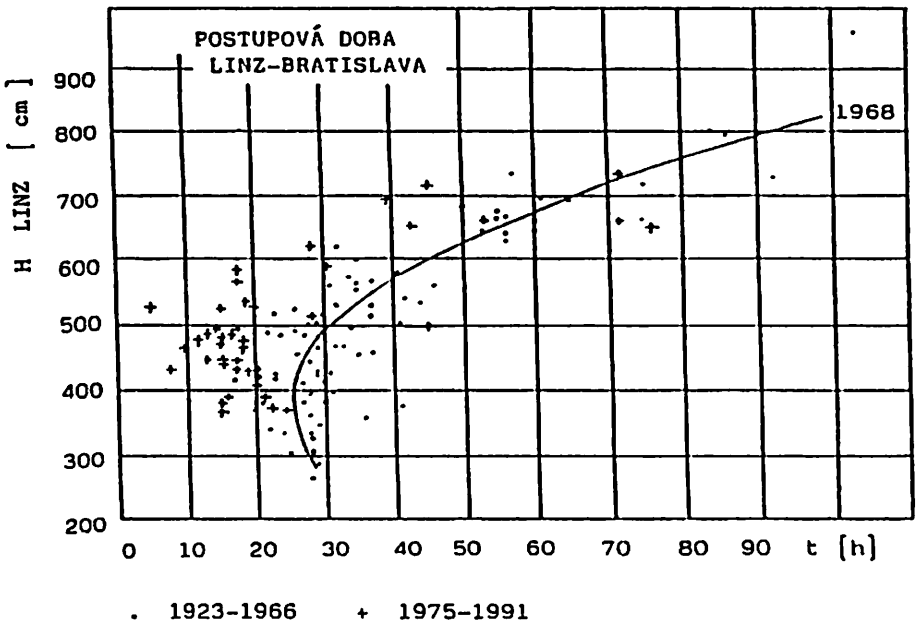


Abb. 1 Translationszeit Linz- Bratislava

Рис.1 Время добегания Линц-Братислава

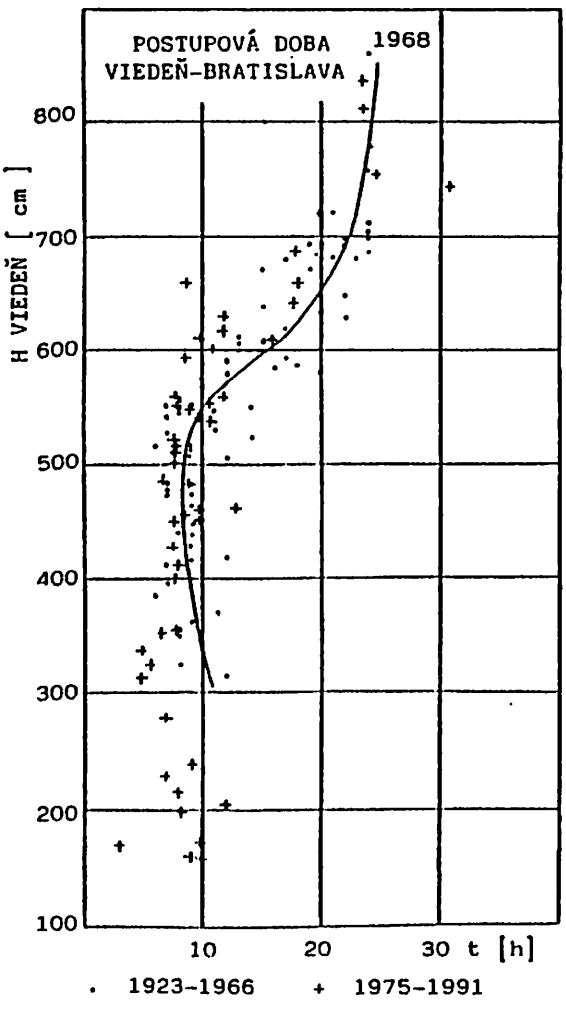


Abb. 2 Translationszeit Wien-Bratislava

Рис.2 Время добегания Вена-Братислава

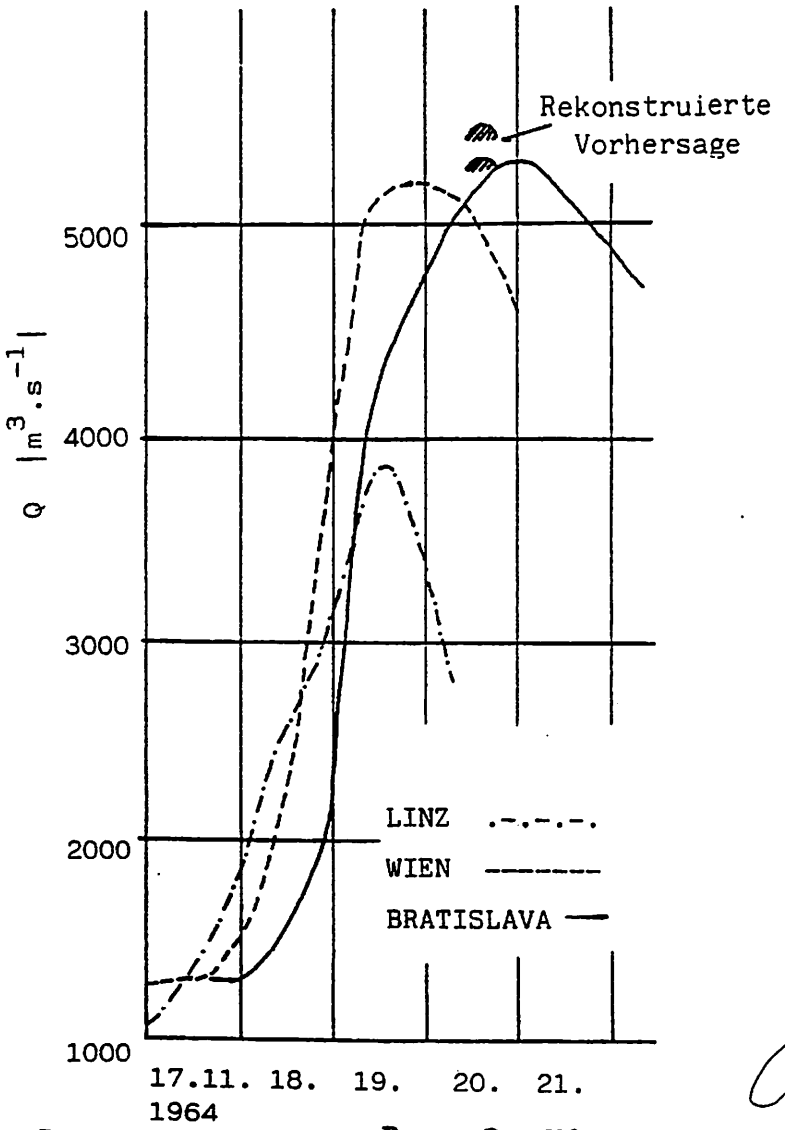


Abb. 3 NOVEMBER 1964 Рис. 3 НОЯБРЬ 1964
Vorhersage für Bratislava mit Anwendung von gegenwärtigen aus der Periode 1975-1988 abgeleiteten Verfahren
Прогноз для Братиславы по настоящим методикам, выведенным из периода 1975-1988

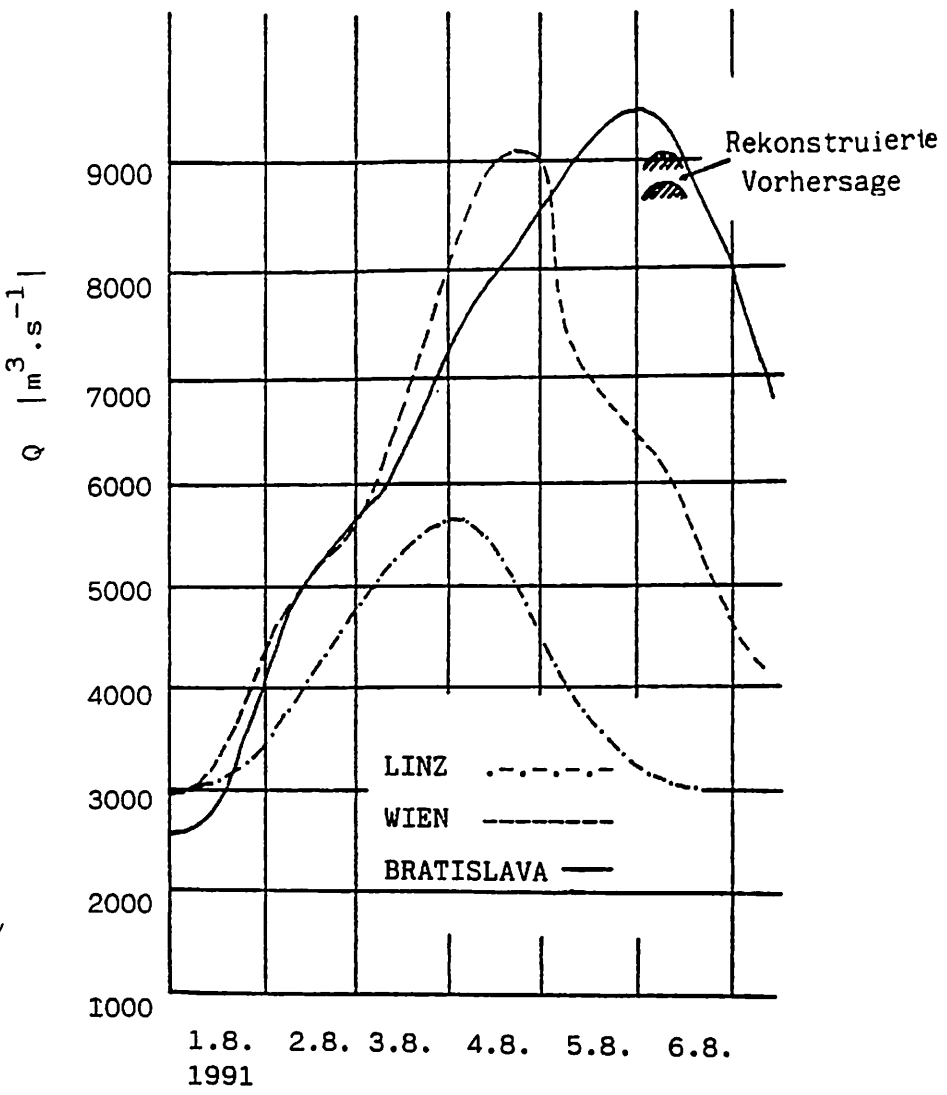


Abb. 4 AUGUST 1991 Рис. 4 АВГУСТ 1991
Vorhersage für Bratislava mit Anwendung aus der Periode 1923-1966 abgeleiteter Verfahren
Прогноз для Братиславы по методикам, выведенным из периода 1923-1966

5.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОГО ВЛИЯНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЛИВНЕВОГО СТОКА РЕК ЗАКАРПАТЬЯ

Виктор Николаевич Демидов

Резюме

Изменение характеристик почвогрунтов и глубины залегания уровня грунтовых вод под воздействием хозяйственной деятельности может существенно изменить характер взаимодействия между поверхностными и подземными водами, величину действующей площади водосбора и преобладающий механизм формирования ливневого стока. Возможное влияние хозяйственной деятельности на формирование паводка оценивается с помощью квазитрехмерной физико-математической модели. Модель описывает процессы движения воды по склонам и русловой сети, перемещение влаги в насыщенной и ненасыщенной зонах. Показано влияние изменения уровня грунтовых вод в результате хозяйственной деятельности на механизм формирования и гидрограф паводка. Проверка модели и численные эксперименты выполнены для водосбора р. Студеный (Закарпатская воднобалансовая станция).

INVESTIGATION OF POSSIBLE HUMAN ACTIVITY INFLUENCE ON THE RAINFALL RUNOFF FORMATION IN THE TRANSCARPATHIAN WATERSHEDS

Summary: The change of soil characteristics and groundwater level under human activity may significantly influence the nature of interaction between surface and groundwater flow, the size of contributing area and dominant mechanism of flood formation. Possible influence of human activity on flood formation is estimated with the help of quasi three-dimensional physically based model. The model describes the processes of overland and channel flow, unsaturated and saturated subsurface flow, interaction between surface and groundwater flow through the unsaturated zone. The effect of man-induced groundwater level change on flow formation mechanism and flood hydrograph is showed. Model testing and numerical experiments on the Studeniy Catchment (Transcarpation water balance station) have been carried out.

1. Введение

Хозяйственная деятельность на водосборе (распашка земель, вырубка лесов, гражданское и промышленное строительство) оказывает влияние на составляющие водного баланса. Вольшие возможности для оценки антропогенных изменений гидрологического цикла представляют методы математического моделирования, позволяющие проследить влияние конкретного фактора, например, изменение гидрофизических характеристик почвогрунтов или понижение уровня грунтовых вод на сток. Механизм формирования воды на поверхности водосбора при глубоком залегании грунтовых вод существенно отличается от процессов водообразования при неглубоком залегании грунтовых вод. Так при глубоком залегании грунтовых вод поверхностный сток образуется только при условии превышения интенсивности осадков над впитывающей способностью почвогрунтов.Формирование поверхностного стока при неглубоком залегании грунтовых вод происходит в совершенно иных условиях- сток формируется на участках, где уровень грунтовых вод поднимается к дневной поверхности и резко сокращается интенсивность впитывания. Поскольку глубина залегания грунтовых вод и гидрофизические характеристики почвогрунтов меняются по территории, то на формирование переувлажненных участков и на гидрограф стока существенное влияние оказывает взаимодействие поверхностных и подземных вод через зону аэрации. В проведенном исследовании оценка возможного влияния изменений характеристик почвогрунтов и уровня грунтовых вод на механизм формирования дождевого стока проводилась с использованием квазитрехмерной физико-математической модели формирования дождевого стока, разработанной в лаборатории гидрологического цикла суши ИВП РАН [2].

2. Квазитрехмерная физико-математическая модель

Модель описывает процессы перемещения влаги в насыщенной и ненасы щенной зонах, стекания воды по поверхности склонов и движение воды по русловой сети. При схематизации водосборная площадь вписывается в регулярную прямоугольную сетку. Границы водосбора, а также притоки различных порядков и главное русло представляются отрезками прямых, параллельных координатным осям. Линейные размеры ячейки сетки задаются в зависимости от площади водосбора и масштаба карты.

При рассмотрении перемещения влаги в зоне аэрации пренебрегали горизонтальной составляющей из-за ее малости и описывали только вертикальный влагоперенос уравнением диффузии влаги

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left[D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} - K(\theta) \right], \qquad (1)$$

где θ - объемная влажность почвы; $D(\theta)$ - коэффициент диффузии влаги; $K(\theta)$- гидравлическая проводимость; t- время ; z - вертикальная координата.

Движение грунтовых вод в верхнем безнапорном водоносном горизонте описывается уравнением Буссинеска

$$\mu \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left[K_x h_T \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[K_y h_T \frac{\partial H}{\partial y} \right] + G(x,y,t), \qquad (2)$$

где $\mu(x,y,t)$- коэффициент водоотдачи, K_x, K_y - коэффициенты горизонтальной фильтрации в направлении осей X и Y ; $H(x,y,t)$- высотная отметка уровня грунтовых вод; $h_г$ - глубина грунтового потока; $G(x,y,t)$-интенсивность пополнения грунтовых вод через зону аэрации.

Несовершенство вреза и фильтрационное сопротивление ложа русла при подпертом режиме фильтраций учитывается зависимостью между расходами и напорами на границе русла.

Неустановившееся движение воды по поверхности речных склонов описывается двумерной системой уравнений кинематической волны

$$\frac{\partial h_c}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = R_c \quad , \qquad (3)$$

$$q_x = n_c^{-1} h^{5/3} i_x (i_x^2 + i_y^2)^{-0.25} ,$$

$$q_y = n_c^{-1} h^{5/3} i_y (i_x^2 + i_y^2)^{-0.25} ,$$

где h_c -глубина воды на склоне; q_x, q_y- расходы воды на единицу ширины потока в направлении осей X и Y; R_c - интенсивность эффективных осадков; i_x, i_y-уклоны склона в направлении осей X и Y; n_c-коэффициент шероховатости Маннинга.

Неустановившееся движение воды по русловой сети описывается одномерной системой уравнений кинематической волны

$$\frac{\partial F_p}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = R_p \quad , \qquad (4)$$

$$Q = i_p^{I/2} n_p^{-1} h_p^{5/3} b_p ,$$

где F_p - площадь поперечного сечения русла; Q - расход воды; n_p-коэффициент шероховатости Маннинга для русла; R_p- поступление поверхностных и подземных вод на единицу длины русла.

Методы численного интегрирования используемых в модели систем уравнений и сопряжения отдельных блоков модели рассмотрены в работах [2,3].

3. Проверка модели и результаты численных экспериментов

Проверка модели и численные эксперименты по оценке влияния понижения уровня грунтовых вод на механизм формирования и гидрограф стока выполнялись по данным гидрометеорологических наблюдений за условиями формирования дождевых паводков в бассейне р.Студеный - с.Нижний Студеный /25.4 км^2/

Бассейн расположен на юго-западных склонах Восточных Карпат и является частью территории Закарпатской воднобалансовой станции. Средняя высота водосбора около 800 м абс.;средняя ширина 3.2 км; длина основного русла 8 км со средним уклоном 31.2%. . Сложен бассейн толщей горных пород флишевого типа, состоящих из чередования пластов глинистых и мергелистых сланцев с песчаниками. Грунты песчано-среднесуглинистые, почвы - буроземы среднеоподзоленные. Большая часть поверхности бассейна распахана, 18% площади занято широколиственными и хвойными лесами

Русловая сеть водосбора р.Студеный -с.Нижний Студеный при схематизации представлена главным руслом и тремя притоками /рис.I/. Уклоны участков русловой сети и площадок склона были определены по топографической карте. Шаг пространственной сетки в расчетах поверхностного и грунтового стока принимался равным 500 м, шаг по времени составлял 1800 с. При описании процессов перемещения влаги в насыщенной зоне полагали, что водоупор верхнего безнапорного горизонта повторяет особенности рельефа склонов. Значения коэффициента горизонтальной фильтрации $\bar{K}$ = 0.6 м/сут было определено путем согласования наблюденного базисного стока с рассчитанным грунтовым стоком. Значение коэффициента вертикальной фильтрации в расчетах влагопереноса в ненасыщенной зоне принималось равным коэффициенту горизонтальной фильтрации.

Для наблюденных гидрографов ливневых паводков этого района характерна слабовогнутая, почти пологая ветвь спада. Такой характер ветви спада гидрографа, как показывает анализ материалов экспериментальных наблюдений [I], обусловлен медленной разгрузкой подповерхностного стока из мощной толщи прирусловых отложений. Чтобы воспроизвести такой процесс и тем самым учесть подповерхностное стекание, полагали, что значение коэффициента горизонтальной фильтрации приповерхностного слоя почвогрунта небольшой мощности существенно превышает величину коэффициента горизонтальной фильтрации . В расчетах движения воды в ненасыщенной зоне при подъеме уровня грунтовых вод выше отметки нижней границы выделенного приповерхностного слоя почвогрунта коэффициент горизонтальной фильтрации становится переменной величиной и определяется соотношением

$$\tilde{K}(x,y,t) = [\bar{K}(h_T - h_П] + K_П h_П]:h_T , \qquad (5)$$

где $h_П$- мощность насыщенного слоя в приповерхностном почвенном горизонте, $K_П$-Коэффициент горизонтальной фильтрации верхнего слоя почвы. Величины $h_П$=0.3 м и $K_П$=200 м/сут были подобраны, исходя из совпадения рассчитанной и наблюденной ветви спада гидрографа для паводков на водосборе р.Голятинка-п.Майдан [2] и в расчетах паводков на водосборе р.Студеный- п.Нижний Студеный использовались без изменения.

Наблюдения за уровнями грунтовых вод на водосборе р.Студеный проводятся в прирусловой зоне основного русла. Для задания положения уровня грунтовых вод по всей площади водосбора перед на-

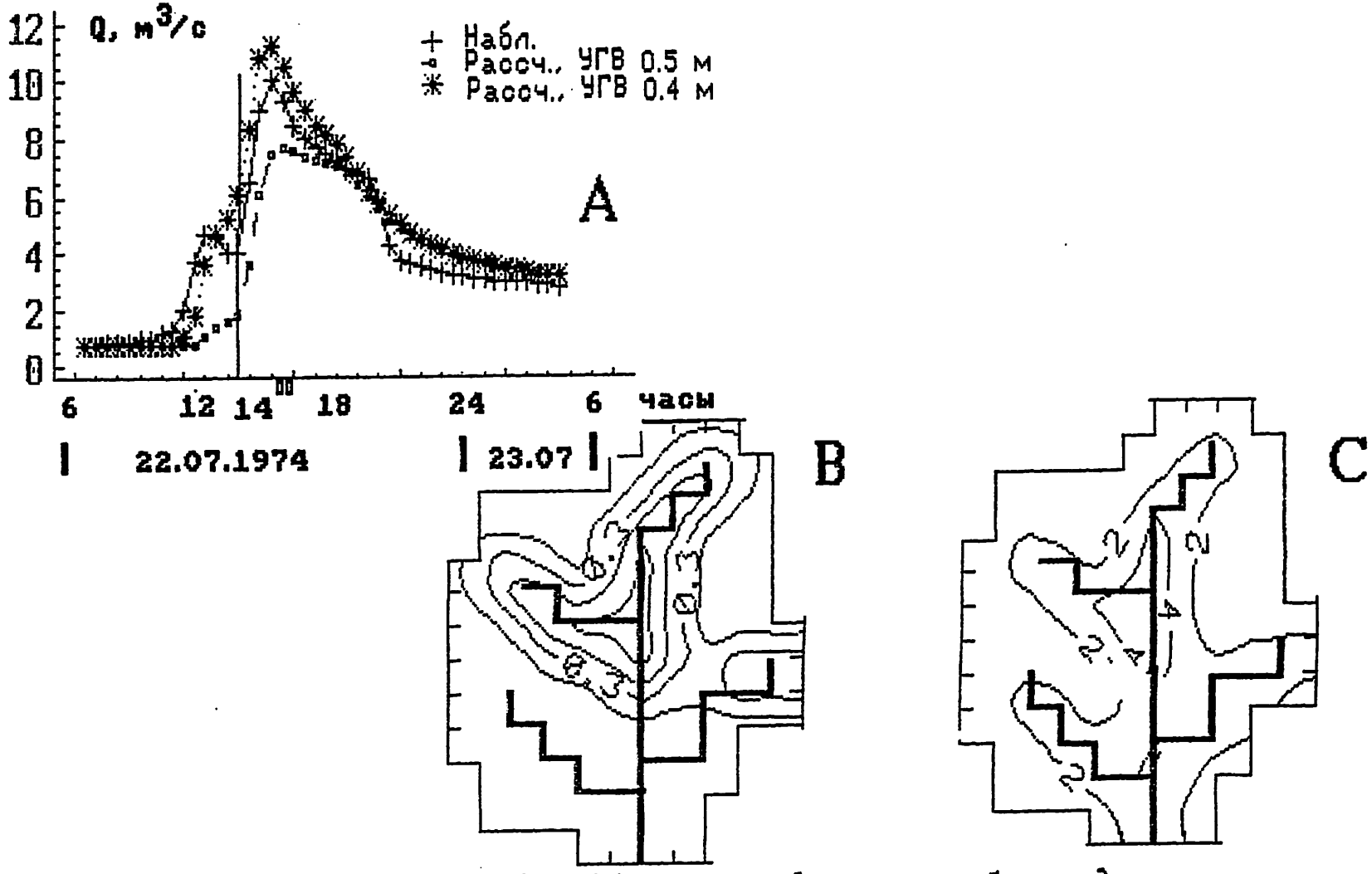


Рис. 1. Гидрографы паводка (A) и распределение глубин воды в мм по площади водосбора (B,C).

Fig. 1. Flood hydrographs (A) and the spatial distribution of the overland water depth in мм (B, C).

чалом паводка полагали понижение УГВ по мере удаления от русловс
сети: в средней части склонов УГВ располагались на глубине 1,0 м с
дневной поверхности, в верхней части - на глубине 1,5 м.

Результаты расчетов паводков показали, что рассчитанные величи
ны максимальных паводочных расходов воды и слои стока за паводо
достаточно хорошо согласуются с наблюденными. В расчетах от паводк
к паводку учитывалось положение УГВ в прирусловой зоне, отражающе
увлажнение водосбора перед началом паводка.Использованные в расче
тах значения УГВ в прирусловой зоне оказались близки к наблюденны
на водосборе р.Студеный.

Численные эксперименты показали существенное влияние начальног
положения УГВ в прирусловой зоне на формирование паводка.Так, пони
жение УГВ в прирусловой зоне в расчетах паводка от 22-23 июл
1974г. от 0,4 до 0,5м привело к снижению максимального расхода н
3,5 $м^3/с$ (от 11,2 до 7,7 $м^3/с$) и слоя стока на 2,6 мм (от 13,7 д
11,1 мм). Наблюденные максимальный паводочный расход воды и слой
стока для этого паводка были равны соответственно 10,0 $м^3/с$ и
12,4 мм (рис. 1,а).На рис.1 отчетливо прослеживается влияние начал
ного положения УГВ в прирусловой зоне на формирование поверхностно
го стока.В первом случае при УГВ в прирусловой зоне равном 0.4м
глубина потока воды на склонах к 14 час. 22 июля на отдельных
участках водосбора превысила 4 мм (рис. 1,с), а при УГВ равном 0.5
м максимальные глубины на этот момент времени оказались менее 1 мм
(рис. 1,в).

Поверхностный сток на водосборе р.Студеный на участках с неглу
боким залеганием УГВ начинает формироваться при подъеме грунтовых
вод к дневной поверхности,когда практически прекращается впитывание
воды в почву.Поскольку глубина залегания грунтовых вод меняется по
водосбору, то и формирование поверхностного стока происходит нерав
номерно как в пространстве, так и во времени. Решающим фактором
паводочного стока при таком механизме формирования поверхностного
стока становится начальное увлажнение водосбора,определяемое поло
жением уровней грунтовых вод.

Список литературы

/1/ Бефани Н.Ф. Прогнозирование дождевых паводков на основе территориально общих зависимостей.Л.,Гидрометеоиздат, 1977. 182 с.

/2/ Демидов В.Н. Моделирование взаимодействия поверхностных и подземных вод при формировании стока на речном водосборе. Водные ресурсы,1982. №2. с.60-69.

/3/ Кучмент Л.С.,Мотовилов Ю.Г.,Назаров Н.А. Чувствительность гидрологических систем.М. Наука . 1990. 144 с.

Адрес автора

Виктор Николаевич Демидов
Институт водных проблем РАН
Ново-Басманная,10
103078 Москва, Российская Федерация

5.10

НОРМИРОВАНИЕ И СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА БАССЕЙНЫ РЕК

Анатолий Васильевич Яцык, Александр Михайлович Петрук

Резюме

При разработке комплексных схем охраны и рационального использования водно-земельных ресурсов в бассейнах малых рек чрезвычайно важно выделить те, состояние которых требуют первоочередных инвестиций в водоохранные мероприятия. Для этой цели предлагается системная модель, в которой рассматривается иерархическое логико-математическое построение, классифицирующее антропогенное состояние в бассейнах рек на ряд ситуаций. При этом выдается количественная оценка и качественная характеристика отдельных подсистем обуславливающих состояние обьекта.

RATE FIXING AND SYSTEM APPROACH TO DETERMINATION OF AN ANTHROPOGENIC LOADING IN RIVER BASINS

Summary: For working complex schemes of protection and rational utilization of ground and water resources in small river basins it is important to pick out those of them which are in the state reclaiming the exigent investitions in water protection management. With this aim it is proposing a system model devoted to envisage the hierarchical logico-mathematical construction, what serves to classify the anthropogenic situation in river basins.

In addition, it is giving the quantity evaluation and the quality characteristic of some undersystems stipulating the object state.

Одной из важнейших задач социально-экономической деятельности по сохранению и восстановлению рек является установление антропогенной нагрузки на их бассейны.

При разработке комплексных схем охраны и рационального использования водно-земельных ресурсов в бассейнах малых рек чрезвычайно важно выделить те, состояние которых требуют первоочередных инвестиций водоохранных мероприятий.

В настоящее время предложены различные подходы по определению антропогенной нагрузки на реки, которые учитывают уровень загрязненности воды, степень использования речного стока и ряд других неблагоприятных воздействий на реки, тоесть сводящие вектор критериев к одному показателю.

Такой подход имеет существенные недостатки, так как значение единственного показателя не может передать объемную информацию об экологической ситуации.

Одним из перспективных направлений междисциплинарного анализа и комплексного решения экологической проблемы, в том числе и в бассейнах рек, может быть использование разработок на базе системно-деятельного подхода. Этот подход позволяет анализировать экологические последствия в бассейне реки в тесной связи, с одной стороны, с организационными структурами деятельности, включая управление и политику, а с другой стороны, с возникающими в результате осознания экологических последствий различного рода конфликтами и возможностями их разрешения.

В предлагаемой системной модели /1,2/ рассматривается ее иерархическое логико-математическое построение, классифицирующее антропогенное состояние в бассейнах рек на ряд ситуаций. На нижнем уровне иерархии рассматриваются модели отдельных подсистем: "Использование земельных ресурсов", "Использование водных ресурсов", "Качество вод" и "Радиактивное загрязнение".

Классификация состояния бассейна малой реки качественно оценивается путем соотношения отдельных показателей с их нормативными величинами. Далее при помощи определенного алгоритма принятия решения осуществляются качественные и количественные оценки состояния отдельных подсистем и, наконец, всей системы.

Подсистема "Использование земельных ресурсов" характеризуется различными показателями f_i, оценивающими величину антропогенного влияния на земельные ресурсы в бассейне реки /лесистость, степень естественного облика, сельхозосвоенность, распаханность, урбанизация, эродированность/. При этом состояние площади водосбора по каждому показателю оценивается множеством логических альтернатив $И_1 \div И_5$.

Исходя из анализа каждого показателя установлено, что множество альтернатив может быть представлено вектором $И = /И_5, И_4, И_3, И_2, И_1/$ = / "неудовлетворительное", "ниже нормы", "допустимое", "улучшенное", "хорошее"/, компоненты которого определяются логической функцией:

$$И/f_i/ = \begin{cases} И_5, & \text{если } \ell_0^i \le f_i \le \ell_1^i \\ И_4, & \text{если } \ell_1^i < f_i \le \ell_2^i \\ И_3, & \text{если } f_i = \ell_2^i \\ И_2, & \text{если } \ell_2^i < f_i \le \ell_3^i \\ И_1, & \text{если } \ell_3^i < f_i \le \ell_4^i \end{cases} \qquad i \in [1,6]$$

где ℓ_n^i – критерии обосновывающие нормативные значения показателей.

В свою очередь, для каждого из состояний, для оценки совместного воздействия критериев и логической оценки всей подсистемы вводятся линейные средневзвешенные нормированные функции мер Пi, Пi$^{(-)}$, Пi$^{(-)*}$, характеризующие значения их на множестве всех альтернатив рассматриваемых критериев с заданными нормированными весовыми коэффициентами, характеризующими степень важности того или иного показателя.

Кроме функции мер вводятся пороговые значения Θ_j, $\Theta_j^{(-)}$, используемые для сравнения мер и соотнесения соответствующего входного вектора состояния подсистемы к одному из определенных классов Li /"хорошее", "близкое к норме", "отклонения незначительные", "неудовлетворительное", "крайне неудовлетворительное"/.

Общее состояние подсистемы характеризуется величиной меры φLi) оценки критериев.

Подсистема "Использование водных ресурсов" предназначена для классификации экологического состояния малой реки по степени оценки использования ее водных ресурсов.

Величина антропогенного воздействия подсистемы характеризуется следующими показателями:
- показатель степени использования речного стока /ПИР/;
- показатель безвозвратного водопотребления речного стока /ПВР/;
- коэффициент поступления сточных вод в речную сеть /КСР/;
- показатель сброса загрязненных вод в речную сеть /ПЗР/.

Состояние использования водных ресурсов по каждому показателю оценивается множеством логических альтернатив, определяющих качественную характеристику антропогенного влияния.

На основе использования каждого показателя установлено, что множество альтернатив может быть представлено вектором $У = /У_5, У_4, У_3, У_2, У_1/$ = /"катастрофическое", "очень плохое", "плохое", "удовлетворительное", "хорошее"/. Компоненты этого вектора определяются логической функцией:

$$У/g\,i/ = \begin{cases} У_5, & \text{если } g_i > \ell_0^i; \\ У_4, & \text{если } \ell_1^i < g_i \le \ell_0^i; \\ У_3, & \text{если } \ell_2^i < g_i \le \ell_1^i; \\ У_2, & \text{если } \ell_3^i < g_i \le \ell_2^i; \\ У_1, & \text{если } g_i < \ell_3^i. \end{cases} \qquad i \in [1,4]$$

Решение функции $У/g\,i/$ осуществляется на основании нормативных значений ℓi.

Для оценки совместного воздействия критериев вводятся соответственно средневзвешенные нормированные функции мер с неположительными элементами на множестве альтернатив: Пi, Пi$^{(-)}$, Пi$^{(-)*}$.

Наряду с функциями мер, вводятся множества их пороговых значений Θ_j, $\Theta_j^{(-)}$.

Множество альтернатив подсистемы "Использование водных ресурсов" Wi примет по аналогии с альтернативами по критериям, а именно /"хорошее", "удовлетворительное", "плохое", "очень плохое", "катастрофическое"/.

Общее состояние подсистемы характеризуется величиной меры φ/Wi / оценки критериев.

Подсистема "Качество вод" предназначена для классификации по критериям антропогенного влияния, в частности, загрязнения водных ресурсов рек.

Эта подсистема состоит из трех блоков: "Химическое загрязнение", "Бактериальное загрязнение", "Радиоактивное загрязнение", которые в совокупности характеризуют качество вод и являются важнейшими для классификации антропогенного влияния по комплексу критериев.

В основу оценки химического загрязнения речных вод с позиции их экологического благополучия положены "Единые критерии качества вод" / 3 /.

В основу оценки бактериального загрязнения рек принята численность санитарно-показательного микроорганизма - кишечной палочки в 1 литре воды, тоесть коли-индекс. Оценка бактериального загрязнения основывалась на разработанной в институте гидробиологии АН Украины классификации качества воды для водоемов и водотоков / 4 /.

В основу оценки радиоактивного загрязнения вод положены утвержденные Временные допустимые уровни для хозяйственно-питьевого назначения /Ки/л/.

Для каждого блока существует свой алгоритм принятия решений, а для оценки состояния всей подсистемы на множестве классов Qi определяется ее количественная мера $\varphi(Qi)$/.

В подсистеме "Радиоактивное загрязнение" выделено три показателя: уровни излучения цезия-137, стронция-90 и плутония-239, 240 в Ки/км^2. Критерии плотности загрязнения основываются в образовании контролируемых условий, которые обеспечивали бы непревышение предельно допустимого годового поступления в организм человека наиболее опасных долгоживущих радионуклидов с продуктами питания и ингаляционным путем при дыхании.

Общее состояние подсистемы Ri, как с количественной так и с качественной сторон определяется по такой же принципиальной схеме как и вышеописанные.

Алгоритм принятия решений всей системы "Бассейн малой реки", т.е. алгоритм координирующий работу подсистем в принципиальном плане осуществляет обращение к каждой из четырех подсистем, где вычисляется значение класса и его мера. Далее проверяется принадлежность системы к определенной категории на основании меры близости.

Состояние всей системы в целом описывается вектором альтернатив U : "хорошее", "изменения незначительные", "удовлетворительное", "плохое", "очень плохое", "катастрофическое".

На основании функции меры множеств $\varphi(Ui)$ определяем текущее значение функции $\varphi(U_T)$, которое рассчитывается по формуле:

$$\varphi(U_T) = \alpha\varphi(L_T) + \beta\varphi(W_T) + \gamma\varphi(Q_T) + \delta\varphi(R_T),$$

где $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ - меры подсистем;

L_T, W_T, Q_T, R_T - текущие состояния подсистем.

Качественная оценка системы определяется из условия близости значения меры к одной из альтернатив.

На основании системной логико-математической модели анализа ситуаций были получены результаты для малых рек бассейна Дуная: Гики и Боржавы (таблица 1).

Анализ полученных результатов показывает, что бассейн реки Гика находится в лучшем состоянии, чем бассейн Боржавы. Наибольшее влияние на бассейн Боржавы оказало неудовлетворительное состояние использования земельных ресурсов и в первую очередь лесистости, сельхозосвоенности, распаханности и эродиро-

Таблица 1

Состояние бассейнов рек Рика и Боржава

Показатели	Бассейн реки Рика, Карпаты		Бассейн реки Боржава, Карпаты	
	значения	состояние	значения	состояние
Лесистость, %	61,9	Использование земельных ресурсов "хорошее" = 0,6	45,5	Использование земельных ресурсов- "неудовлетворительное" = - 1,6
Степень естественного облика, %	84,0		65,3	
Сельхозосвоенность, %	32,8		46,4	
Распаханность, %	9,6		22,6	
Урбанизация, %	1,6		3,2	
Эродированность /смыв питательных веществ/, т/га год	57,3		21,3	
ПИР	0,25	Использование водных ресурсов - "хорошее" = 3,0	0,58	Использование водных ресурсов - "хорошее" = 3,0
КБР	0,03		0,07	
КСР	0,03		0,65	
ПЗР	0,01		0,04	
Токсический интегральный коэффициент /ИК/	0,82	Качество вод - "удовлетворительной чистоты" = - 1,0	0,65	Качество вод - "загрязненная" = - 1,5
Санитарно-токсилогический ИК	1,32		6,22	
Рыбохозяйственный ИК	11,0		10,2	
Органолептический ИК	0,11		0,24	
Химическое загрязнение	чистая		загрязненная	
Коли-индекс	67000		44000	
Бактериальное загрязнение	грязная		загрязненная	
Состояние бассейнов рек	"Изменения незначительные" = 1,5		"Плохое" = - 0,47	

Примечание: радиоактивное загрязнение в бассейнах рек отсутствует

ванности /смыв питательных веществ/, что требует, в первую очередь, проведения интенсивных агролесомелиоративных мероприятий.

Состояние использования водных ресурсов рек Рика и Боржава в количественном отношении находится в хорошем состоянии. Однако использование воды реки Рика в основном приходится на хозяйственно-бытовые нужды /49,1%/ и сельхозводоснабжение /36,6%/, а Боржавы – на сельхозводоснабжение /51,4%/ и производственные нужды /33,7%/, при этом необходимо отметить, что обьемы сбрасываемых сточных вод в Боржаву на много больше, чем в Рику. Это и повлияло на качество вод Боржавы. Необходимо отметить, что загрязнение вод происходит и за счет смыва минеральных удобрений и органических веществ с площади водосбора.

Анализ состояния исследуемых рек показывает, что первоочередные инвестиции на природоохранные мероприятия необходимы для бассейна реки Боржава.

Разработанная системная модель представляет собой не просто сопоставление испытываемых обьектами антропогенных нагрузок с их нормативами, а позволяет совместно учитывать нагрузки и выражать их обобщенной численной оценкой, а также прогнозировать как уровни отдельных подсистем, так и системы в целом.

Такой подход может быть использован при анализе тенденций изменения антропогенной нагрузки во времени и оценки социально-экологической и экономической эффективности природоохранных мероприятий, а также при планировании строительства и расширении государственных предприятий.

Список литературы

1. Малі річки України. Довідник (за редакцією А.В.Яцика). К:, "Урожай", 1991, 294 с.

2. Петрук О.М. Комплексний підхід до визначення антропогенного навантаження на річкові басейни. Тези доповідей республіканської наукової конференції. Чернівці, ЧДУ, 1991, С.30.

3. Единые критерии качества вод. М.: СЭВ, 1982, 69 с.

4. Жукинский В.Н., Оксиюк О.П., Олейник Г.П. и др. Эколого-санитарная классификация качества поверхностных вод суши. Гидробиологический журнал, 1981, № 2. С. 38-49.

Адрес авторов:

Анатолий Васильевич Яцык
Александр Михайлович Петрук
Украинский научно-исследовательский
институт водохозяйственно-экологических
проблем
пер.Инженерный, 4-Б
Киев
Украина

5.11

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

ОЦЕНКИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗМОЖНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ БАССЕЙНОВ РЕК УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

BEWERTUNG HYDROLOGISCHER FOLGEN MÖGLICHER KLIMAÄNDERUNGEN UND ANTHROPOGENER VERÄNDERUNGEN DER EINZUGSGEBIETE DER FLÜSSE IM UKRAINISCHEN POLES'E

ESTIMATION OF HYDROLOGICAL CONSEQUENCES OF POSSIBLE CLIMATIC CHANGES AND HUMAN ACTIVITIES OF UKRAINE POLES'E RIVER BASINS

Н. А. Назаров
N.A. Nazarov

Резюме: Рассматриваются метод и результаты расчета гидрологического цикла бассейна р. Уж (5690 км^2), Украинское Полесье. Обсуждаются возможности используемой гидрологической модели с распределенными параметрами, а также приводятся полученные оценки характеристик речного стока, эвапотранспирации и влагозапасов почвы для принятых сценариев изменения климата и сведения леса на водосборе.

Kurzfassung: Der Vortrag stellt die Methoden und Ergebnisse einer Modellanalyse des Wasserkreislaufes im Einzugsgebiet des Uzh Flusses (5 690 km^2) vor. Die Möglichkeiten der Verteilung der hydrologischen Modellparameter werden dargestellt. Mit Hilfe des Modells werden der Abfluß, die Evapotranspiration und die Bodenfeuchte für die angenommene Klimaänderung und für entwaldete Wassereinzugsgebiete abgeleitet.

Summary: The method and the results of simulation of the hydrological cycle of the Uzh river basin (5 690 km^2) are presented. Some possibilites of distributed parameters of the hydrological model are considered. Derived estimates for river runoff, evapotranspiration and soil moisture storage for assumed climatic change and watershed deforestation scenarois are given.

I. Введение

Реки Украинского Полесья находятся преимущественно в лесостепной зоне с неустойчивым увлажнением, поэтому даже незначительные климатические и антропогенные изменения их бассейнов могут привести к заметным региональным нарушениям естественных гидрологических условий и экологического равновесия.

В течение последних лет в Институте водных проблем Российской Академии наук (РАН) изучались гидрологические последствия таких изменений на примере бассейна р.Уж – п. Полесское. Оценивалось влияние частичной вырубки леса на водосборе /2/ и возможных климатических изменений на годовые характеристики речного стока, эвапотранспирации и снегозапасов /1/. При этом использовалась разработанная автором гидрологическая модель лесного водосбора с распределенными параметрами, а также гипотетические сценарии изменения климата, в которых температура воздуха повышалась в течение года на постоянную величину , а атмосферные осадки менялись на одинаковую долю.

В данной работе предпринята попытка количественно оценить изменение составляющих гидрологического цикла бассейна р.Уж на основе новых сценариев, разработанных с помощью современных моделей общей циркуляции атмосферы и предложенных недавно на II Международной конференции по климату /3/.

2. О сценариях изменения климата и залесенности водосбора

Климатический сценарий принимался согласно рекомендациям специалистов для той части территории Южной Европы, к которой относятся большинство Придунайских стран. Он ориентирован на уровень 2030 г. и заключается в том, что осадки повышаются на 5%, температура воздуха –в среднем на 2°для холодного периода года (октябрь–март), и осадки уменьшаются на 10%, температура воздуха увеличивается на $2,5^{o}$ для теплого периода (апрель–сентябрь).

Сценарий изменения залесенности водосбора разрабатывался на фоне климатического сценария с ориентацией на такие последствия хозяйственной деятельности, в результате которых произойдет полное сведение леса в бассейне р.Уж (существующая лесистость составляет примерно 42%).

Возможные изменения климата и залесенности бассейна р.Уж учитывались через входные переменные и значения части параметров гидрологической модели.

3. Краткая характеристика гидрологической модели

Она относится к упрощенным физико-математическим моделям и предназначена для расчетов формирования речного стока, эвапотранспирации, влагозапасов почвенной влаги и других гидрологических характеристик по заданным атмосферным осадкам, температуре и дефициту влажности воздуха. Площадь поверхностного водосбора разделяется на расчетные участки (РУ), как правило, совпадающие с частными водосборами. Более мелкие неоднородности описываются с помощью функций распределения и/или весовых коэффициентов (доли площади с определенным типом землепользования).

В пределах каждого РУ и временного шага определяется перераспре-

деление влаги с последующим осреднением значений интенсивности вертикального водообмена с "элементарных" площадей, включающих (рис.I): I)лесной и травянистый покров; 2)снежный покров в поле и в лесу; 3)поверхность склона с микродепрессиями; 4) неоднородный почвенный слой в зоне распространения корневой системы растений и фазовых превращений влаги; 5)подземный водоносный слой с грунтовыми водами, дренируемыми поверхностными водотоками; 6)речную сеть боковых притоков.

Для описания динамики стока, а также вертикального тепло- и влагообмена в различных областях бассейна применяются ноль-мерные уравнения, полученные путем интегрирования соответствующих одномерных уравнений (при определенных гипотезах). Уравнения кинематической волны используются для расчетов неустановившегося движения воды в русле главной реки.

Большая часть параметров модели оценивается с помощью карт, таблиц и литературных источников. Другие параметры (число их не превышает 8) калибруются по наблюденным гидрографам и иным гидрологическим характеристикам. Результаты калибровки и проверки модели по данным бассейна р. Уж для лет различной водности описаны в работе /I/.

4. Обсуждение условий и результатов моделирования

Гидрологические последствия изменения климата и залесенности оценивались при реализации модели бассейна Ужа по материалам I0-летних (I966 - I975) режимных наблюдений за метеоэлементами.

С учетом характера климатического сценария вводились поправки к данным ежедневных наблюдений за осадками P в п.Коростень и Полесское, а также - за температурой воздуха T, измеренной в Полесском. Площадь бассейна разделялась на I4 укрупненных РУ с неодинаковыми характеристиками.

Начальные и граничные условия входящих в модель дифференциальных уравнений задавались по наблюденным данным за соответствующие годы. Мощность расчетного приповерхностного почвенного слоя принималась равной 0,50 м для полевых площадей и 0,60 м для лесных участков. Предполагалось, наконец, что снежный и ледяной покров как фактор сопротивления движению водного потока не оказывает существенного влияния на трансформацию гидрографов склонового и руслового стока.

Результаты моделирования свидетельствуют о том, что оценки годовых составляющих гидрологического цикла частично залесенного бассейна р. Уж при использовании принятого климатического сценария (или, кратко, Ⓒ) отличаются от подобных оценок при расчетах по наблюденным метеоэлементам (сценарий Ⓑ). В среднем за I0 лет речной сток увеличивается на 6%, эвапотранспирация уменьшается на 2 %, а влагозапасы почвы сокращаются на I7%.

Заметим, что полученные оценки стока удовлетворительно согласуются с результатами региональных исследований, основанных на методе палеоклиматических аналогов /4/, и в среднем мало отличаются от данных моделирования при постоянных в течение года климатических изменениях метеоэлементов T и P /I/. Исключение составляют оценки масштабов сокращения максимальных снегозапасов и продолжительности залегания снежного покрова, которые в сценарии Ⓒ уменьшаются почти в 2 раза за счет повышения температуры воздуха T.

Интересно, что для сценария полного сведения леса и одновременного изменения климата (Ⓓ) чувствительность гидрологической системы

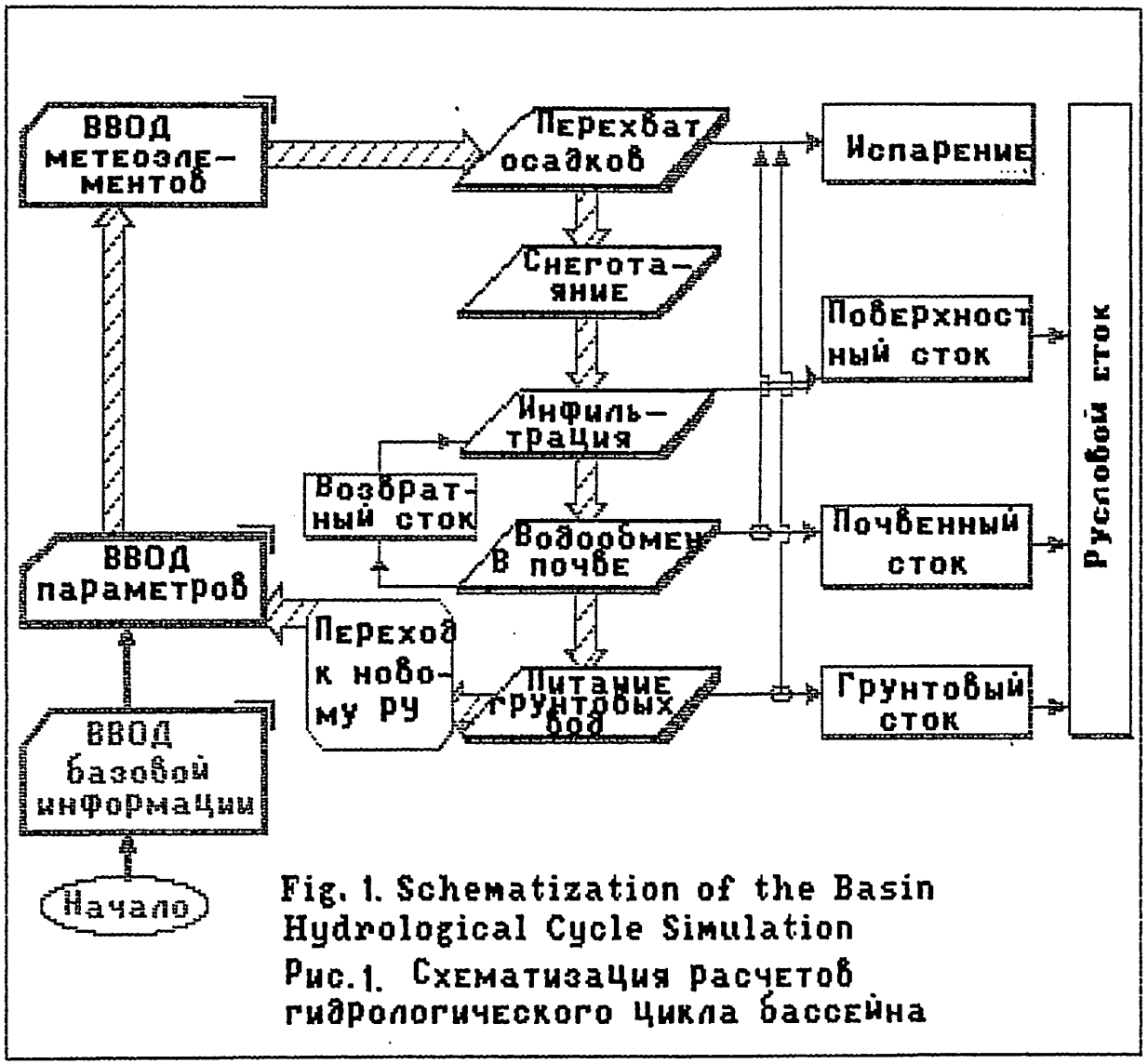


Fig. 1. Schematization of the Basin Hydrological Cycle Simulation

Рис.1. Схематизация расчетов гидрологического цикла бассейна

увеличивается. Она проявляется в росте (на 8%) рассчитанного речного стока, а также в уменьшении на 3% эвапотранспирации и на 20 % – почвенных влагозапасов.

Однако наибольшие гидрологические последствия возможных изменений климата и залесенности водосбора р. Уж ожидаются в отдельные периды конкретных лет. На примере данных за 1967 – 1968 гидрологический год (рис.2) можно проследить характерные сезонные изменения эвапотранспирации E (осредненные по водосбору), запасов почвенной влаги W (на полевых участках) и расходов речной воды Q в створе р.Уж–п.Полесское для трех рассмотренных сценариев G, C и D. В 40% случаев (за 10 лет) увеличиваются максимальные расходы, а в 90%-количество и продолжительность паводков и половодий, сроки формирования которых смещаются на более ранние (преимущественно зимние) месяцы. При этом доля поверхностных вод в речном стоке возрастает в 2–3 раза при переходе от сценария G к сценариям C и D. Значительные избытки почвенной влаги в зимнее время с частыми оттепелями сменяются относительно устойчивым дефицитом влагозапасов почвы в более теплый и сухой вегетационный период.

Таким образом, результаты исследований позволяют заключить, что с потеплением климата по сценарию на уровень 2030 г. можно ожидать наибольших изменений в росте дефицита почвенной влаги в вегетационный период и в перераспределении весенне-зимнего стока (с увеличением поверхностной составляющей), что не исключает значительной корректировки перспективных планов водохозяйственного и гидротехнического строительства в бассейнах рек Украинского Полесья. На фоне возможных климатических изменений практически полное сведение лесных насаждений будет способствовать обострению неблагоприятных гидрологических последствий в рассмотренном регионе.

Список литературы

/1/ Кучмент Л.С., Мотовилов Ю.Г., Назаров Н.А. Чувствительность гидрологических систем. М. Наука. 1990. 143 с.

/2/ Мотовилов Ю.Г., Назаров Н.А., Смахтин Ю.Г. Моделирование возможных изменений стока и качества воды в результате антропогенной деятельности на речных бассейнах (на примере Украинского Полесья).Сб.докладов на XIУ конфер.Придунайских стран по гидролог.прогнозам. 3.X–7.X.1988.Киев. Изд.национ. комитета УССР по МГП ЮНЕСКО. С.403–413.

/3/ Houghton J.T. Scientific Assesment of Climate Change: Summary of the IPCC Working Group 1 Report. Proceed. of the II World Climate Conference. Cambridge Univ.Press. 1991. P.23–44.

/4/ Lins H.F.,Shiklomanov I.A. Impacts on Hydrology and Water Resources. Proceed. of the II World Climate Conference. Cambridge Univ. Press. 1991. P.87–97.

Адрес автора

Николай Алексеевич Назаров
Институт водных проблем РАН
ул.Ново-Басманная,10
103078, Москва, Россия

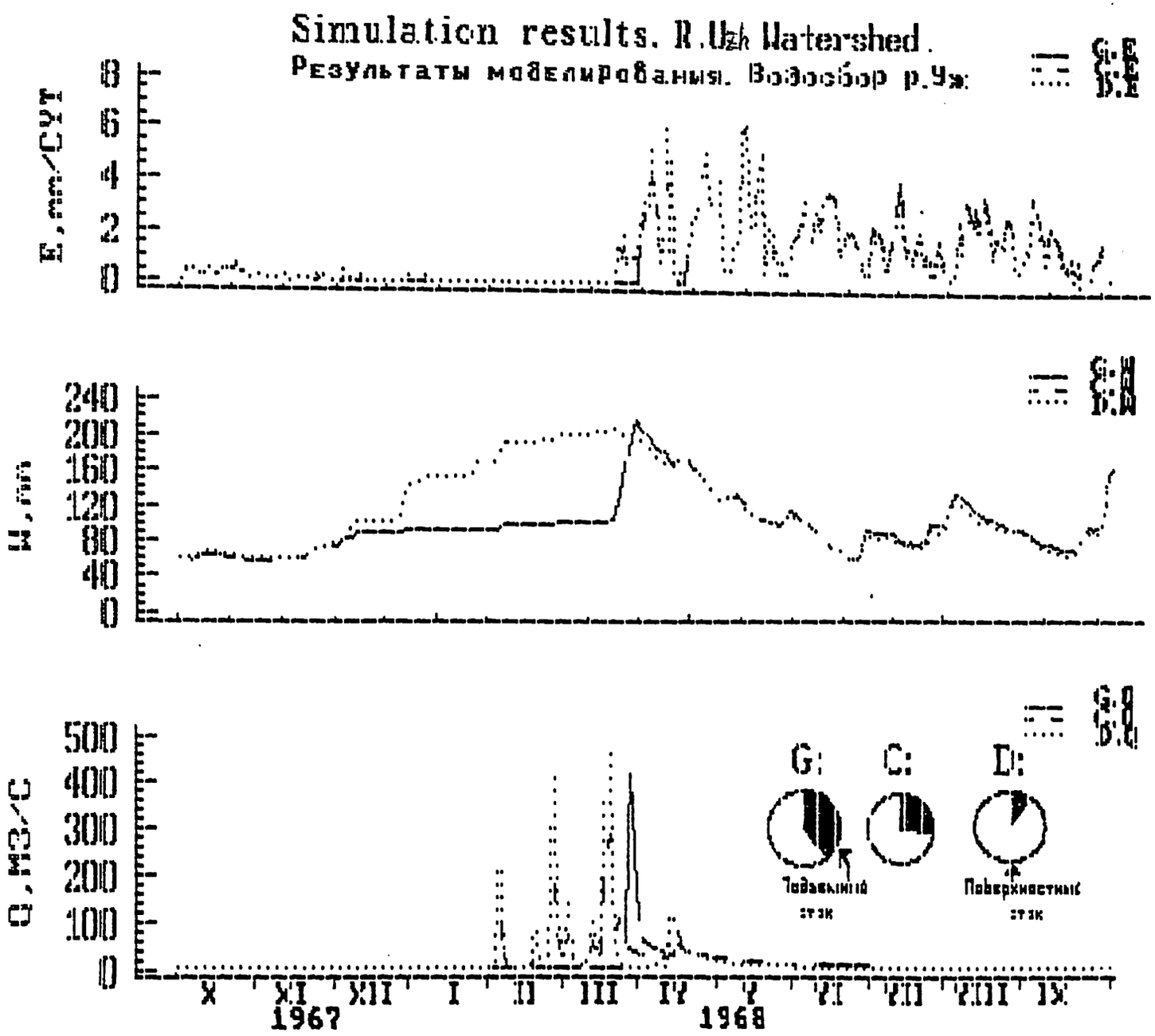

Simulation results. R.Uzh Watershed.
Результаты моделирования. Водосбор р.Уж
E, mm/сут
0
2
4
6
8
W, mm
0
40
80
120
160
200
240
Q, м3/с
0
100
200
300
400
500
G:
C:
D:
Подземный сток
Поверхностный сток
X
XI
XII
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
1967
1968

Рис. 2

5.12

ПРОБЛЕМЫ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

И.А. Шикломанов, В.Ю. Георгиевский

Резюме

Обобщается опыт исследований по проблеме применительно к условиям Европы. Рассматриваются климатические сценарии, методы оценки гидрологических последствий, оцениваются возможные изменения годового и сезонного стока рек при глобальном потеплении; анализируются проблемы водообеспечения, регулирования стока, его территориального перераспределения, обсуждаются задачи дальнейших исследований.

ANTHROPOGENE KLIMABEEINFLUSSUNG AUF DIE HYDROLOGISCHEN PARAMETER UND WÄSSERWIRTSCHAFT

Kurzfassung: Die Untersuchungserfahren nach diesem Problem ist für die europäischen Verhältnisse generalisiert. Man betrahtet klimatische Scenarios und die Methoden der Auswertung der hydrologischen Resultate; es werden die möglichen Änderungen des jährlichen und jahreszeitlichen Abflusses unter der Weltwärmerung gerechnet; es werden die Probleme des Abflussvermögens, der Abflussregulierung und Verteilung analysiert; die Probleme der zukünftigen Untersuchungen werden besprochen.

PROBLEMS OF ANTHROPOGENIC EFFECTS OF CLIMATE VARIATIONS ON HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS AND WATER MANAGEMENT

Summary: The research experience on the above problem relative to the conditions of Europe is generalized. Climate scenarios and methods for the assessment of hydrological results are considered; possible changes in annual and seasonal river runoff in case of the global warming are evaluated; the problems of water availability, runoff control and its areal redistribution are analised; problems of further investigations are discussed.

Изменения климатических характеристик, вызванные повышением концентрации парниковых газов в атмосфере, неизбежно приведут к изменению ресурсов речного стока, их распределению во времени и по территории, преобразованию гидрологического режима водных объектов, качества воды; изменяются требования к водным ресурсам, условия эксплуатации водохозяйственных систем.

В соответствии с последними исследованиями климатологов, выполненными в различных странах, с конца прошлого столетия, произошло глобальное потепление климата примерно на 0,5°С. При этом последнее десятилетие оказалось самым теплым за весь период инструментальных наблюдений. При изучении влияния климатических изменений на гидрологический режим рек, водные ресурсы и их использование представляют научный и практический интерес, прежде всего, региональные или бассейновые изменения гидрометеорологических характеристик. Целью этого направления исследований является выявление особенностей реакции гидрометеорологических характеристик в конкретных бассейнах и регионах на повышение глобальной температуры воздуха и оценка современных тенденций изменений этих характеристик.

Выполненный комплексный статистический анализ многолетних рядов годового и сезонного стока 70-ти рек, расположенных в Европейской части бывшего СССР, Восточной Сибири и Северной Америке, а также рядов температуры воздуха и осадков по 90 метеорологическим станциям позволил получить следующие основные выводы:

- по большинству рассмотренных бассейнов Северного полушария в последние 10-15 лет отмечаются положительные аномалии температуры воздуха, наиболее существенные в холодный период года;

- наблюдающееся повышение температуры воздуха за зимний период для ряда регионов (западного и центрального района ЕТС, Восточной Сибири) является самым значительным за последние 100 лет;

- повышение температуры за холодный период года привело к увеличению зимнего стока рек ЕТС. За весь период наблюдений (с конца прошлого века) не отмечалось больше такой гидрологической ситуации, когда на всей рассматриваемой территории прослеживались бы такие однонаправленные изменения сезонного стока. Имеется тенденция увеличения зимнего стока и по ряду водосборов Северной Америки. В то же время весьма значительное повышение зимних температур воздуха (на 2-3°С) в Восточной Сибири не привело к заметному изменению зимнего стока;

- для исследуемых водосборов не выявлено зонального распределения положительных аномалий температуры воздуха. Для территории Северной Америки, ЕТС и Восточной Сибири наиболее существенное повышение температуры воздуха отмечается в средних широтах.

Наряду с изучением современных тенденций гидрометеорологических характеристик, другим важным направлением исследований по рассматриваемой проблеме является оценка возможных в перспективе изменений водных ресурсов и водного режима рек в результате глобального потепления климата. Для оценки гидрологических последствий глобального потепления в настоящее время ис-

пользуются две группы климатических сценариев будущего: сценарии, основанные на палеоклиматических аналогах и полученные по моделям общей циркуляции атмосферы (GCM).

Палеоклиматические сценарии прежде всего широко используются гидрологами в нашей стране. В частности, гидрологи ГГИ в своих исследованиях базировались на оценках климата будущего, полученных в 1991 г. под руководством М.И.Будыко. Такие оценки впервые получены для всего земного шара (изменения температуры воздуха за теплый и холодный периоды, годовых осадков) при глобальном потеплении на 1^{0} и 2^{0}С, которые условно относятся соответственно к периодам 2000-2005 гг. и 2020-2025 гг.

Использование для оценок гидрологических последствий палеоклиматических аналогов позволяет судить о тенденциях возможных изменений стока, которые могут быть отнесены к определенным интервалам будущего, в том числе в ближайшие 10-15 лет. Вместе с тем очевидны и трудности и ограничения, вызываемые условностью принимаемых аналогий климатических периодов далекого прошлого и ближайших десятилетий. Тем не менее, по нашему мнению, прогнозы, основанные на палеоклиматических реконструкциях могут рассматриваться как один из реальных сценариев будущей климатической ситуации.

По моделям общей циркуляции атмосферы рассчитывают климатические характеристики обычно при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере (2020-2040 гг.). Современные модели дают возможность получить достаточно детальные изменения регионального климата (месячные температуры воздуха и осадков) практически для всей территории Земли. Однако, к сожалению, надежность таких расчетов пока невелика, и нередко для одних и тех же регионов разного типа теоретические модели дают (особенно для осадков) значительно отличающиеся, а иногда и прямо противоположные результаты. В связи с этим для объективной оценки возможных изменений водного режима рек и водоемов представляется целесообразным использование результатов расчетов по нескольким моделям. В наших исследованиях использовались сценарии климатических изменений, полученных по моделям Годдардского института космических исследований, Лаборатории геофизической гидродинамики Принстонского университета и Британской метеорологической службы.

Для количественной оценки гидрологических последствий антропогенных изменений климата используются следующие группы методов: эмпирические зависимости между стоком и метеорологическими характеристиками; методы водного баланса за многолетний период; применение детерминированных гидрологических моделей речных водосборов за короткие интервалы времени.

Методы первой и второй групп получили широкое распространение для оценок изменений годового стока. Применительно к оценкам изменений сезонных и месячных гидрологических характеристик возможность применения этих методов является проблематичной. К тому же, на наш взгляд, к экстраполяции регрессионных зависимостей, полученных по данным наблюдений за прошлые

годы на будущий период времени с измененными климатическими условиями следует относиться с большой осторожностью.

Использование детерминированных гидрологических моделей, представляется наиболее предпочтительным для современных условий. Этот подход позволяет в явном виде исследовать причинно-следственные связи в системе климат-водные ресурсы, оценивать чувствительность речных водосборов к изменению климатических характеристик, при наличии региональных климатических прогнозов рассчитывать возможные изменения режима стока в различных физико-географических условиях и намечать проведение перспективных водохозяйственных мероприятий.

Для предварительной оценки влияния возможных антропогенных изменений климата на водный режим рек и территорий была использована, ранее разработанная нами воднобалансовая модель с декадным интервалом времени.

В основе воднобалансовой модели лежит апробированный и широко используемый метод расчета декадных значений испарения и влажности почвы, основанный на физических законах сохранения энергии и массы. Воднобалансовая модель позволяет по данным о декадных величинах температуры, осадков и влажности воздуха рассчитывать основные составляющие гидрологического режима: испарение, влажность почвы, накопление снега и его таяние, поверхностный и подземный сток.

Модель базируется на совместном решении уравнений теплового и водного балансов и предназначена для непрерывного определения основных элементов водного баланса водосборов или отдельных территорий.

С использованием воднобалансовой модели была выполнена серия численных экспериментов по оценке чувствительности водного режима рек в бассейнах Волги и Дона к климатическим изменениям. В соответствии с климатическими сценариями, полученными по глобальным моделям атмосферной циркуляции и с использованием палеоклиматических реконструкций, в рассматриваемых бассейнах в результате увеличения концентрации парниковых газов в атмосфере ожидается увеличение осадков и повышение температуры воздуха особенно значительное в зимний период. В соответствии с последними результатами, полученными в отделе изменений климата и влагооборота в атмосфере ГГИ, уже в ближайшее десятилетие годовые осадки могут увеличиться на 50-100 мм, а годовая температура воздуха на 2,5-4,0°С. Надо отметить, что при этом повышение температуры воздуха за теплый период года ожидается от 2°С до 4°С, а за холодный период могут возрасти до 3-5°С.

Результаты, полученные при проведении численных экспериментов, дают основания сделать следующие предварительные выводы.

При прогрессирующем потеплении, сопровождающимся ростом осадков будет происходить увеличение годового стока рек Вол-

ги и Дона. Ориентировочно, на уровень 2020 г. в результате увеличения осадков на всей территории, увеличение стока может составить от 15-20 мм в бассейне Верхней Волги до 30 мм и более в бассейне Дона и Нижней Волги. При этом очень значительно изменится внутригодовое распределение стока. Произойдет увеличение зимнего стока на 40-55 мм в северной части бассейна Волги и на 20-40 мм в бассейне Дона и южной части бассейна Волги. На всей рассматриваемой территории уменьшится сток весеннего половодья от 10-20 мм в южной и средней части до 40-55 мм в северной части. Летне-осенний сток увеличится на 5-10%.

Следует отметить, что приведенные данные характеризуют возможные изменения стока за сезоны, соответствующие современным гидрометеорологическим условиям.

Дальнейшее потепление в бассейнах Волги и Дона и увеличение увлажненности их бассейнов приведут к еще более значительным изменениям в водном режиме рек. Годовой сток в целом для рассматриваемых бассейнов может увеличиться до 30-50 мм, при этом увеличении зимнего стока может составить 40-60 мм, а снижение весеннего - 25-40 мм.

Крупномасштабное воздействие человека на глобальный климат, обусловливающее пространственно-временное перераспределение осадков, температуры воздуха и речного стока, может потребовать пересмотра планов, касающихся развития и распределения основных водопотребителей, разработки различных водохозяйственных проектов, общей политики использования и охраны водных ресурсов. Особый интерес представляют исследования по оценке влияния антропогенных изменений климата на потребление воды в орошении, учитывая, что ирригация является основным потребителем воды в засушливых районах мира, где уже в настоящее время отмечается дефицит водных ресурсов. Для расчета возможных изменений потребностей в воде для орошения применительно к южной части Европейской территории России была использована математическая модель водного режима орошаемого сельскохозяйственного поля [ ]. При этом были рассмотрены 4 сценария климатических изменений соответствующих уровню удвоения концентрации CO_2, из которых 3 получены по моделям общей циркуляции атмосферы, о которых говорилось выше, а один на основе палеоклиматических реконструкций, выполненных в ГГИ. Несмотря на то, что значение температуры воздуха и особенно осадков, полученные по различным сценариям климатических изменений существенно отличаются, вместе с тем по всем сценариям при глобальном повышении температуры воздуха, соответствующему удвоению концентрации CO_2 в атмосфере, в соответствии с выполненными расчетами ожидается заметное увеличение потребности в воде для орошения практически для всей рассматриваемой территории, где в настоящее время сосредоточены основные орошаемые массивы Российской Федерации. При этом наиболее значительное увеличение оросительных норм (в среднем на 50%) получилось при использовании климатического сценария, по модели Годдарского института космических исследований, а минимальное (в среднем на 10%) -

по данным палеоклиматических реконструкций.

Аналогичные исследования были выполнены по оценке возможных изменений испарения с крупных водохранилищ южного склона Европейской территории России. Оценка динамики колебаний испарения в условиях возможных антропогенных изменений климата имеет большое значение для определения балансов водных ресурсов отдельных речных бассейнов и больших территорий, при расчетах изменений водных ресурсов под влиянием хозяйственной деятельности, а также в ряде других гидрологических и водохозяйственных задач. С использованием зависимостей испарения от определяющих метеорологических факторов были выполнены расчеты для 4 упоминавшихся выше сценариев климатических изменений. В соответствии с полученными результатами следует ожидать увеличения испарения от 5–15% с поверхности Цимлянского водохранилища до 25–35% с поверхности Рыбинского водохранилища.

Таким образом на основании выполненных исследований можно сделать вывод о значительной чувствительности водных ресурсов, гидрологического режима, потребностей в воде на хозяйственные нужды к климатическим изменениям. Учитывая исключительно важное как научное, так и практическое значение проблемы гидрологических последствий антропогенных изменений климата необходимо, на наш взгляд, продолжение и расширение исследований по следующим направлениям:

- основой для оценки гидрологических последствий является получение надежных и детальных оценок будущих изменений климата, его пространственно-временного распределения. Нужна климатическая информация, позволяющая рассчитывать как величину, так и частоту гидрологических явлений;

- необходимо дальнейшее изучение связей между изменениями климата, гидрологическими и водохозяйственными характеристиками; разработка и усовершенствование методов перехода от климатической информации к гидрологическим параметрам с использованием моделей речных водосборов и водохозяйственных систем;

- необходимо выявить районы, особенно чувствительные к изменениям климата и оценить эту чувствительность с учетом как естественных, так и антропогенных изменений климатических условий и влияния хозяйственной деятельности на водосборах;

- необходимо провести исследования, которые позволят выработать более совершенную методику эксплуатации водохозяйственных систем в условиях большой неопределенности изменений климата. Другой аспект этой проблемы – разработка принципов и критериев проектирования водохозяйственных сооружений, которые бы учитывали возможность антропогенных климатических изменений.

Список литературы

/I/ Шалыгин А.Л. Усовершенствованная математическая модель

оптимального режима орошения сельскохозяйственных культур. - Труды ГГИ, 1987, вып.326, с.36-41.

Адрес авторов

199053, С.-Петербург, Государственный гидрологический институт, 2-я линия, дом 23

5.13

ВЛИЯНИЕ ВОЗМОЖНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ГОДОВОЙ СТОК РЕК ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СНГ

В.И.Бабкин, Т.Е.Григоркина, А.Н.Постников

Резюме

Оценка возможных изменений речного стока под влиянием предполагаемых в будущем антропогенных изменений глобального климата выполнена с использованием метода водного баланса. Для наиболее вероятного климатического сценария будущего получены ориентировочные оценки возможных изменений речного стока.

DER EINFLUSS MÖGLICHER ANTHROPOGENER KLIMAÄNDERUNGEN AUF DEN ABFLUSS DER FLÜSSE IM EUROPÄISCHEN TEIL DER MUS

Kurzfassung: Die Auswertung möglicher Abflussänderungen unter dem Einfluss der vermutlichen anthropogener Weltklimaänderungen ist mit der Methode der Wasserbilanz gemacht. Für das möglichste klimatische Scenario der Zukunft die etwa Auswertungen möglicher Abflussänderungen wird dargestelt.

INFLUENCE OF POSSIBLE ANTROPOGENIC CLIMATE VARIATIONS ON ANNUAL RIVER RUNOFF IN THE EUROPEAN PART OF THE CIS

Summary: An assessment of possible river runoff changes under the influence of proposed future anthropogenic changes in the global climate is made with the use of the water balance method. Approximate assessments of probable river runoff variations have been obtained for the most probable climatic scenario of the future.

1. Введение

В 70-х годах в СССР были развернуты исследования по оценке изменений элементов глобального климата и, в первую очередь, температуры воздуха. В результате выполненных исследований установлено, что в изменениях глобальной температуры воздуха в Северном полушарии отмечается тренд в сторону ее роста за последние 10-20 лет.

Аналогичные исследования проводятся и в США /6,7/.

Для оценки изменений температуры воздуха в будущем в США используют модели общей циркуляции атмосферы /6,7/, а в России - палеоклиматические реконструкции /3/. Несмотря на разную методическую основу этих исследований, результаты их в главном совпали: в связи с ростом углекислого газа в атмосфере температура воздуха в Северном полушарии уже заметно повысилась (примерно на 0,5 С) и в ближайшем и отдаленном будущем следует ожидать значительные ее колебания. В ближайшие десятилетия повышение температуры воздуха может быть весьма значительным и с ним нельзя не считаться при климатических и метеорологических обобщениях.

2. В последние годы в нашей стране начаты комплексные исследования водных ресурсов будущего, и уже в настоящее время могут быть сделаны ориентировочные выводы, характеризующие направленность и масштабы возможного влияния антропогенных изменений глобального климата на водные ресурсы крупных речных бассейнов и регионов /5/.

Результаты настоящих исследований основаны на палеоклиматических сценариях /2/. Оптимум голоцена (5-6 тыс.лет до нашей эры) рассматривается как аналог глобального потепления на 1° С (примерно 2000-2005 г.г.), а микулинское межледниковье (125 тыс.лет назад) - принято в качестве аналога потепления на 2 °С (2020-2025 г.г.).

Для этих периодов в ГГИ под руководством М.И.Будыко построены приближенные карты изменений температуры воздуха и атмосферных осадков, которые использованы в оценках изменений водных ресурсов.

Применительно к оценкам возможных изменений среднего многолетнего значения годового стока крупных рек в условиях очень приближенных исходных данных, использован метод водного баланса. Уравнение водного баланса замкнутого речного бассейна для средних многолетних условий имеет следующий вид:

$$P=Y+E, \qquad (1)$$

где P - атмосферные осадки; Y - речной сток; E - испарение. Для оценки стока на сценарии будущих изменений климатических условий уравнение (1) трудно использовать, поскольку в лучшем случае могут быть известны лишь суммы атмосферных осадков и температура воздуха. Температура воздуха, как известно, непосредственно не является фактором испарения, хотя в ряде случаев может иметь место тесная корреляционная связь между ними.

Для обоснования вида зависимости испарения или стока от осадков и параметра, характеризующего максимальное испарение и связанного с температурой воздуха, уравнение (1) было продифференцировано по переменной P и установлены теоретические пределы изменения углов наклона касательных к кривым связи испарения (либо стока) и осадков E=f(P) (либо Y=f(P)).

Полученным предельным условиям хорошо удовлетворяет следующая система кривых (2):

$$\begin{cases} E = \beta E_* \, th \, P/E_* \\ Y = P - \beta E \, th \, P/E_* \end{cases}, \qquad (2)$$

где β – параметр, определяемый в зависимости от коэффициента увлажнения P/E_* ; E_* – максимальная сумма испарения, равная произведению максимальной скорости испарения v на длину расчетного интервала времени τ, определяется в зависимости от температуры поверхности водосбора во влажном состоянии T'. Эта температура вначале определяется для отдельной актинометрической станции по схеме В.Г.Андреянова /1/, включающей расчет параметра β на основе данных актинометрических и метеорологических наблюдений (Рис.1). По значению β с Рис.1 определяется температура увлажненной поверхности T', окружающей актинометрическую станцию. Такое исследование проведено для 80-ти актинометрических станций за месячные интервалы времени практически за весь период наблюдений. По результатам этих исследований выполнено построение корреляционных зависимостей температуры увлажненной поверхности T' от температуры воздуха t. Параметры линейных уравнений были выражены в функции широты, долготы и высоты места наблюдения.

В последующем исходя из географического положения речного бассейна были оценены два параметра корреляционных зависимостей температуры увлажненной поверхности от температуры воздуха. По данным о предполагаемой в будущем температуре воздуха оценены значения температуры поверхности рассматриваемых речных бассейнов во влажном состоянии, а с использованием Рис.2 оценены значения параметра E_*.

Ожидаемые в ближайшем будущем (примерно в 2000-2005 г.г.) изменения элементов климата и водных ресурсов основных рек Восточно-Европейской равнины и Кавказа представлены в таблице 1.

Анализ данных, приведенных в таблице 1, показывает, что на уровень 2000-2005 г.г. водные ресурсы рек Невы, Западной Двины, Днепра, Днестра, Дона и Волги практически не будут отличаться от современных. Водные ресурсы Нарвы и Немана уменьшатся на 6-7% по сравнению с современной нормой. Водные ресурсы Южного Буга, Кубани, Самура, Сулака, Терека и Урала возрастут примерно на 6-10%, по сравнению с нормой. Сток рек Севера: Печоры, Северной Двины и Онеги возрастет примерно на 11-18%. Более чем на 20% может возрасти сток р. Куры. В настоящее время не представляется возможным с высокой точностью определить ожидаемые в будущем изменения атмосферных осадков и температуры воздуха для бассейнов горных рек. Поэтому для горных рек возможные изменения ат-

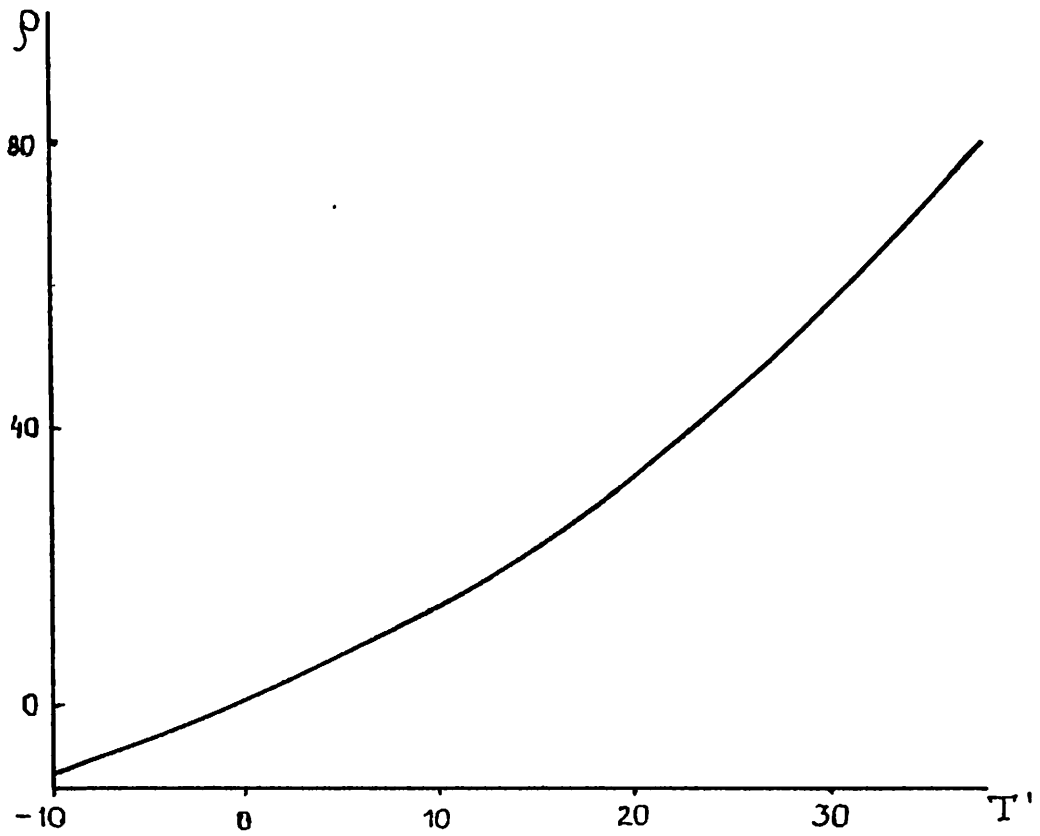


Рис. I Зависимость параметра ρ от температуры поверхности водосбора во влажном состоянии T'

Dependence of parameter ρ upon wet basi surface temperature T'

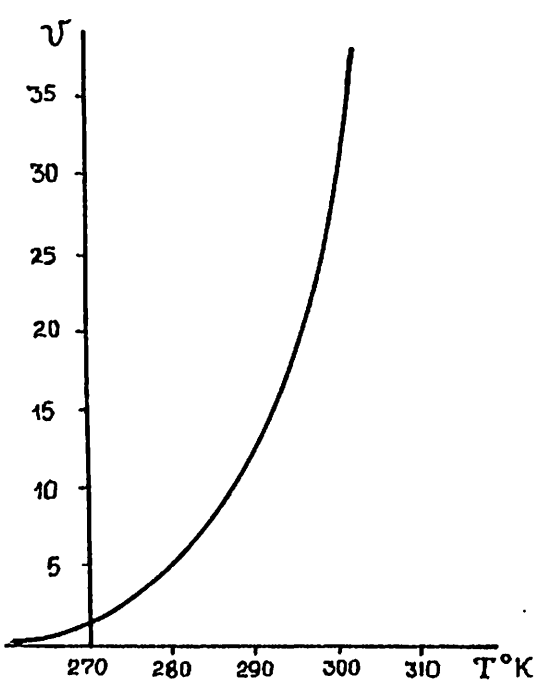


Рис. 2 Зависимость параметра v от температуры T'

Dependence of v parameter upon T' temperature

Таблица 1

Ожидаемые изменения элементов климата и водных ресурсов рек Восточно-Европейской равнины и Кавказа при глобальном потеплении климата на 1 °С (ориентировочные данные)

Expected changes in climate components and in water resources of the rivers of the East-European Plain and the Caucasus in case of the global warming by 1° C (approximate data)

РЕКА	Водные ресурсы, $км^3$ /год	Ожидаемые изменения			
		атмосферные осадки, мм	температура воздуха, °С		водные ресурсы, $км^3$ /год
			холодный период	теплый период	
Нева	78.5	34	3.5	2.5	-0.6
Нарва	11.2	12	3.2	2.4	-0.7
Западная Двина	20.3	5	2.7	2.3	0.2
Неман	19.7	0	2.5	2.3	-1.4
Днестр	10.7	10	1.5	1.7	0.1
Южный Буг	3.37	8	1.5	1.7	0.2
Днепр	53.9	5	2.1	1.8	0.5
Дон	28.1	4	1.7	1.7	0.0
Кубань	13.5	(55)	(0.9)	(1.4)	(1.2)
Кура	28.1	(75)	(0.8)	(1.1)	(6.2)
Самур	2.31	(65)	(0.8)	(1.5)	(0.2)
Сулак	5.65	(65)	(0.8)	(1.5)	(0.4)
Терек	11.0	(55)	(0.8)	(1.5)	(0.7)
Волга	254	17	2.5	2.0	4.1
Урал	10.1	(12)	(1.5)	(2.0)	(0.7)
Печора	130	92	4.0	2.5	23.2
Северная Двина	109	68	3.5	2.3	12.5
Онега	15.7	75	3.6	2.5	2.2

483

мосферных осадков, температуры воздуха и водных ресурсов заключены в скобки.

3. Список литературы

/1/ Андреянов В.Г. Внутригодовое распределение речного стока.- Л.: Гидрометеоиздат, 1960. - 328с.

/2/ Бабкин В.И., Шикломанов И.А. - Водные ресурсы СССР в настоящем и будущем. Проблемы современной гидрологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1989, с.124-135.

/3/ Будыко М.И. Климат конца XX века.- Метеорология и гидрология, 1988, N10.

/4/ Ольдекоп Э.М. Испарение с поверхности речных бассейнов.- Юрьев, 1911. -209с.

/5/ Шикломанов И.А. Влияние изменений климата на гидрологию и водное хозяйство.- Метеорология и гидрология, 1991, вып.4, с.51-66.

/6/ Manabe S., Wetherald R. Reduction in summer soil wetness induced by an increase in atmospheric carbon dioxide.- Science, 1986, vol.232.

/7/ Mass M., Lins H. Water resources in the twenty first century: A study of the implications of climate uncertainty. - U.S.Geolog.Survey circular 1030.- Washington, 1989. -25p.

Адрес автора

199053
Россия
Санкт-Петербург
В.О., 2-я линия, д.23
ГГИ

DER EINFLUSS MÖGLICHER KLIMAÄNDERUNGEN AUF DIE HYDROLOGISCHEN PROZESSE EINES EINZUGSGEBIETES

Jerzy Jaworski

Kurzfassung

Forschungsergebnisse über den Einfluß zukünftiger Klimaänderungen auf die hydrologischen Prozesse des Einzugsgebietes der Utrata ($A = 715\ km^2$) in Zentralpolen werden vorgestellt. Zur Lösung des Problems wurden zwei verschiedene Szenarien, meteorologische und hydrologische Daten und ein physikalisch begründetes, mathematisches Modell /5/ angewendet. Die Forschungen ergaben, daß im Fall einer CO_2 Verdoppelung in der Atmosphäre, die höhere Lufttemperatur und die Niederschlagsänderungen auf die Erhöhung der Gebietsverdunstung, der Durchsickerungsmenge und des Abflusses einfliessen würden. Im Sommerhalbjahr müsste man dagegen auf eine Abnahme der Durchsickerung vorbereitet sein (Szenario 1). Unter zukünftigen Klimaverhältnissen würde die Bodenfeuchte generell etwas niedrigere Werte aufweisen und die Schneeperiode kürzer werden.

THE IMPACT OF POSSIBLE CLIMATE CHANGES ON HYDROLOGICAL PROCESSES IN RIVER BASIN

Summary: The investigation results concerning the impact of future climate changes on hydrological processes in the Utrata River basin ($A = 715\ km^2$) in central Poland are presented. For the solution of the problem two different climate scenarios, meteorological and hydrological data and a physically based mathematical model /5/ were used. The investigations have shown, that in case of CO_2 duplication in the atmosphere the increase of temperature and change of precipitation would cause an increase in areal evapotranspiration, percolation and in river runoff. In summer period a percolation decrease could occur (scenario 1). Under changed climate conditions the soil moisture values would be generally somewhat lower and the snowcover period shorter.

1. Einleitung

Das Ziel der Forschungen war die quantitative Abschätzung des Einflu
zukünftiger Klimaänderungen auf die hydrologischen Prozesse e
Einzugsgebietes in Polen, nämlich der Utrata mit einer Fläche
715 km^2. - Die Forscher, die sich mit Klimaschwankungen
Klimaänderungen befassen, weisen meistens auf den sogenan
Treibhauseffekt hin, wo der größere CO_2-Gehalt der Atmosphäre
erhöhte Rückstrahlung im langwelligen Bereich zu Folge haben wird.
würde wiederum eine Reduktion der langwellige Strahlungsbilanz bew
und dem zu Folge zu einer beachtlichen Lufttemperaturerhöhung füh
Bisherige Forschungsergebnisse weisen darauf hin, daß es zwischen
Jahren 2040 und 2070 zur zweifachen Erhöhung des CO_2-Gehaltes in
Atmosphäre kommen wird. Diese Verdoppelung des Kohlendioxidgehaltes
die damit verbundene Lufttemperaturerhöhung und Niederschlagsände
würde sowohl auf die Komponente des Wärme- wie auch Wasserhaush
einfließen und dem zu Folge auch die hydrologischen Prozesse ändern.
An dieser Stelle möchte ich Frau mgr J.Krupa-Marchlewska herzlichen
für die durchgeführten Computerberechnungen aussprechen.

2. Die Forschungsmethode

Zur Lösung des Problems wurden zwei Szenarien der zukünft
Klimaänderungen /1, 2/, meteorologische und hydrologische Daten aus
Einzugsgebiet der Utrata und ein physikalisch begründetes mathematis
Modell angewendet /4, 5/. Mit diesem Modell schätzte man für
Zeitspanne 1961-1980 tägliche, monatliche und jährliche Werte
potentiellen Verdunstung, der Gebietsverdunstung, Bodenfeuchte und
Durchsickerung, sowohl unter gegebenen klimatologischen Bedingu
(Szenario 0), wie auch für den Fall der 2-fachen Erhöhung des
Gehaltes (Szenarien 1, 2). Da in jedem dieser Fälle dieselbe Forschu
methode angewendet wurde, wird man auch entsprechende Vergleiche ma
können. Zur Berücksichtigung zukünftiger Klimaänderungen mussten
veränderte Tageswerte der Lufttemperatur und des Niederschl
simuliert werden; das wurde von Jakubiak /3/ anhand von Autoregressi
modellen und Markov - Kettenmodellen durchgeführt.
Zurückkommend zum angewendeten mathematischen Modell sollte
unterstreichen, daß es auf den Gesetzen der Masse- und Energieerha
aufgebaut wurde. Im Modell wird der Einfluss der Atmosphäre,
Pflanzendecke und des Bodenwassers auf die Gebietsverdunstung simul
Das Modell enthält am Eingang den Masse- und Energiezuf
repräsentiert durch den korrigierten Niederschlag und die potenti
Verdunstung. Am Ausgang erhält man Tageswerte aktue
Gebietsverdunstung, berechneter Bodenfeuchte in der ungesättigten
und der Durchsickerung in Richtung der Grundwasserzone. Das Mo
enthält unter anderen 22 Parameter und 4 Funktionen, nämlich:

$$r_s = r_s(Z_g, P, Q) \qquad (1)$$

$$r_s = r_s(ZDP) \qquad (2)$$

$$E = EP \frac{\frac{\Delta}{\gamma} + 1}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1 + r_s u_a \frac{k^2}{(\ln z_a/z_o)^2}} \qquad (3)$$

$$Z_{gk} = Z_g + P - E \qquad (4)$$

Gleichung (4) ist verwendbar im Bereich $MIN_g \leq Z_{gk} \leq MAX_g$
Hierbei bedeuten
r_s - den diffusen Pflanzenwiderstandsparameter (oder Bodenwiderstandsparameter im Winter); Z_g, Z_{gk} - der Wasservorrat (Bodenfeuchte) in der oberen Bodenschicht der ungesättigten Zone am Anfang und am Ende des angenommenen Zeitintervalls; P - der korrigierte Niederschlag im angenommenen Zeitintervall; Q - die Strahlungsbilanz; ZDP - der Wasservorrat in Prozenten des maximalen Wasservorrates der unteren Bodenschicht der ungesättigen Zone; MAX_g, MIN_g - entsprechend der maximale und minimale Wasservorrat in der oberen Bodenschicht; E - die Gebietsverdunstung im angenommenen Zeitintervall; EP - die potentielle Verdunstung; Δ - die Neigung der Sättigungsdampfdruckkurve bei mittlerer Lufttemperatur, γ - die Psychrometerkonstante; u_a - die mittlere Windgeschwindgkeit in der Höhe z_a über der aktiven Oberfläche; k - von Karman's Konstante; z_a - Höhe der Messung der meteorologischen Elemente; z_o - der Rauhigkeitsparameter des untersuchten Einzugsgebietes.

Die Gleichungen (1, 2), die hier in der allgemeinen Form dargestellt sind, werden zur Berechnung des Pflanzenwiderstandes r_s benutzt, wobei die Gleichung (2) nur bei Bodentrockenheit angewendet wird, nämlich wenn $Z_g = MIN_g$ und ZDP ≤ 72,5% sind. In der angewendeten Methode sind Niederschlag P und Bodenwasservorrat Z_g bakannte Größen (P wird gemessen für den Zeitabschnitt "i", gleicht dem Wert Z_g für den Zeitabschnitt "i+1"). Die potentielle Verdunstung EP wird nach der Methode von Monteith /7/ geschätzt. Die vorher berechneten r_s - und EP-Werte werden in Gleichung (3) zur Bestimmung der Gebietsverdunstung E benutzt. Nachdem die Werte E, Z_g und P bestimmt worden sind, wird der Wasservorrat Z_{gk} der oberen Bodenschicht der ungesättigten Zone am Ende des Zeitintervalls, mit Hilfe von Gleichung (4) und zweier fiktiver Speicher berechnet. Die fiktiven Speicher repräsentieren die Wasservorräte der oberen und unteren Bodenschicht der ungesättigten Zone, die mit den Werten MAX_g, MIN_g und MAX_d, MIN_d begrenzt sind.

Die Bestimmung der aktuellen Gebietsverdunstung E (hier für Tagesschritte) wird durch ein Computerprogramm in FORTRAN ermöglicht, welches ausserdem die Wasservorräte in der oberen und unteren Schicht der ungesättigten Zone (Z_g, Z_d) und die Durchsickerung (H) in Richtung des Grundwasserspiegels berechnet.

Bei dem hier vorgestellten Modell ist der Rauhigkeitsparameter z_o eine unbekannte Größe. Man berechnet sie mit einer Optimisierungsmethode. Dabei benutzt man den Wert der mittleren Gebietsverdunstung E_o, bestimmt anhand der Wasserbilanzgleichung für eine längere Zeitreihe bei der angenommen werden kann, daß Rücklage und Aufbrauch gleich Null sind (dR = 0). Gleichzeitig berechnet man mit dem mathematischen Modell die täglichen und jährlichen Werte wie auch den Jahresmittelwert der

Gebietsverdunstung E unter Annahme verschiedener Rauhigkeitsparameter z_o so lange, bis man eine annähernde Gleichung $E \cong E_o$ erhält. Wenn diese Größen sich an etwa gleichen darf angenommen werden, daß für das untersuchte Gebiet der richtige Rauhigkeitsparameter z_o gewählt worden war.

3. Die Forschungsergebnisse

Aus den Szenarien (1, 2) bei denen eine Verdoppelung des CO_2-Gehaltes in der Atmosphäre angenommen wird geht hervor, daß die mittlere Jahrestemperatur zukünftig um 2,9°C oder 3,9°C steigen, und der mittlere Jahresniederschlag P um 60,9 mm oder 93,8 mm größer sein würde als unter aktuellen klimatologischen Bedingungen (P = 692 mm/Jahr). Die Forschungen ergaben, daß die potentielle Verdunstung EP unter $2xCO_2$ Bedingungen im Mittel entsprechend um 5,8% oder 9,7% größer sein würde. Die mittlere EP-Jahressumme ist aktuell gleich 833,4 mm und würde, entsprechend Szenarios 1 und 2 bis zu 882 mm oder 914,6 mm wachsen (Tab. 1). Die potentielle Verdunstung würde unter $2xCO_2$ Bedingungen nicht nur wegen erhöhter Lufttemperatur aber auch wegen eines grösseren Sättigungsdampfdrucks und eines grösseren Luftfeuchtedefizits wachsen. Einen gewissen Einfluss auf die Erhöhung der potentielle Verdunstung würden auch die etwas grösseren Strahlungsbilanzwerte haben.
Die Gebietsverdunstung würde sich unter diesen Umständen im Jahresmittel um 32 mm (+5,7%) oder 75,5 mm (+13,6%) erhöhen und sich durchschnittlich auf 589 mm/Jahr oder 632,5 mm/Jahr belaufen (Szenarien 1,2). Unter aktuellen Bedingungen ist die Gebietsverdunstung E = 557 mm/Jahr. Im Sommerhalbjahr (V-X) würde die mittlere Erhöhung der Gebietsverdunstung etwas kleiner, nämlich gleich 18,9 mm (+4,4%) oder 27,1 mm (+6,3%) sein (Scenarien 1,2).
Trozt grösserer Niederschläge würde die Bodenfeuchte unter zukünftigen Klimabedingungen generell etwas niedrigere Werte aufweisen - vor allem im Sommerhalbjahr, entsprechend um 4,3 mm (-8,5%) und 2,5 mm (-4,9%) (Szenarien 1, 2); auch die mittleren Jahreswerte der Bodenfeuchte würden um 2 mm (-3%) kleiner sein, vor allem wegen grösserer Gebietsverdunstung. Die Kohlendioxiderhöhung in der Atmosphäre würde auch die mittlere Durchsickerungsmenge (H) um 28,8 mm, also bis zu 164,1 mm/Jahr erhöhen, doch im Sommerhalbjahr würde die Durchsickerung von 30,1 mm bis zu 20,1 mm, also um 33,2%, abnehmen (Szenario 1). Auch unter den Bedingungen von Szenario 2 würde sich die Durchsickerungsmenge um 18,3 mm/Jahr, das ist von 135,3 mm/Jahr bis zu 153,6 mm/Jahr erhöhen (Tab. 1). Im Sommerhalbjahr würden keine nennenswerten Veränderungen der Durchsickerung vorkommen. Die Forschungen haben gezeigt, daß der mittlere jährliche Abfluss der Utrata unter $2xCO_2$ Bedingungen um etwa 21% oder 13% grösser sein würde und entsprechend von H_o = 136 mm/Jahr (aktuelle Bedingungen) bis zu 164 mm/Jahr oder 154 mm/Jahr zunehmen würde (Szenarien 1, 2).
Die erhaltenen Forschungsergebnisse sind mit den Resultaten vergleichbar, die Manabe et al. /6/ und Bultot et al. /1/ erhielten, abwohl diese Autoren andere Forschungsmethoden angewendet haben und die Untersuchungen in anderen Einzugsgebieten durchgefürt worden sind. Unterschiedliche Ergebnisse - vor allem eine permanente Erhöhung der Bodenfeuchte durch das ganze Jahr hindurch - erhielten Washington and Mehl /8/ unter $2xCO_2$ Bedingungen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Forschungsergebnisse über den Einfluss von Klimaänderungen auf die hydrologischen Prozesse im Einzugsgebiet der Utrata, trozt der Anwendung zweier verschiedener Klimaszenarien, generell vergleichbar sind. Es müste darauf hingewiesen

Tabelle 1. Die hydrologischen Grössen im Einzugsgebiet der Utrata unter aktuellen klimatologischen Bedingungen und im Fall einer CO_2-Verdoppelung

Table 1. The hydrological quantities in the Utrata River basin under actual climatological conditions and in the case of a CO_2-doubling

	Hydr.Grössen		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	V-X	XI-X
								Niederschlag - Precipitation								
	P	mm/Mo.	62.4	47.1	38.9	39.3	36.1	42.7	66.6	82.7	88.3	82.9	52.1	53.0	425.6	692.1
	P1	mm/Mo.	73.6	54.7	51.1	52.2	47.7	54.8	63.6	80.3	83.7	81.8	51.9	57.6	418.9	753.0
	ΔP	mm/Mo.	11.2	7.6	12.2	12.9	11.6	12.1	-3.0	-2.4	-4.6	-1.1	-0.2	4.6	-6.7	60.9
	ΔP	%	17.9	16.1	31.4	32.8	32.1	28.3	-4.5	-2.9	-5.2	-1.3	-0.4	8.7	-1.6	8.8
								Potentielle Verdunstung - Potential Evaporation								
	EP	mm/Mo.	21.3	9.7	11.1	17.9	52.8	87.2	127.6	149.2	140.8	113.9	66.8	35.1	633.4	833.4
	EP1	mm/Mo.	22.4	9.6	11.0	19.8	59.9	93.4	135.3	156.7	148.7	118.0	69.6	37.6	665.9	882.0
S	ΔEP	mm/Mo.	1.1	-0.1	-0.1	1.9	7.1	6.2	7.7	7.5	7.9	4.1	2.8	2.5	32.5	48.6
Z	ΔEP	%	5.2	-1.0	-0.9	10.6	13.4	7.1	6.0	5.0	5.6	3.6	4.2	7.1	5.1	5.8
E								Gebietsverdunstung - Areal Evapotranspiration								
N	E	mm/Mo.	17.1	11.9	13.4	15.7	25.0	41.3	94.4	97.0	95.3	76.4	43.9	25.6	432.6	557.0
A	E1	mm/Mo.	19.1	13.2	14.5	16.0	28.7	46.0	103.0	100.6	99.5	73.6	47.4	27.4	451.5	589.0
R	ΔE	mm/Mo.	2.0	1.3	1.1	0.3	3.7	4.7	8.6	3.6	4.2	-2.8	3.5	1.8	18.9	32.0
I	ΔE	%	11.7	10.9	8.2	1.9	14.8	11.4	9.1	3.7	4.4	-3.7	8.0	7.0	4.4	5.7
E								Bodenfeuchte - Soil Moisture								
N	Zg	mm	79.2	87.4	87.6	87.2	84.1	77.6	54.5	42.8	44.5	47.3	51.1	63.6	50.6	67.2
	Zg1	mm	78.8	87.6	87.4	87.1	85.1	78.9	53.1	37.8	39.0	40.9	48.5	58.6	46.3	65.2
0,1	ΔZg	mm	-0.4	0.2	-0.2	-0.1	1.0	1.3	-1.4	-5.0	-5.5	-6.4	-2.6	-5.0	-4.3	-2.0
	ΔZg	%	-0.5	0.2	-0.2	-0.1	1.2	1.7	-2.6	-11.7	-12.4	-13.5	-5.1	-7.9	-8.5	-3.0
								Durchsickerungsmenge - Percolation								
	H	mm/Mo.	15.8	15.9	17.3	27.9	17.2	11.1	10.0	5.2	1.9	4.8	1.0	7.2	30.1	135.3
	H1	mm/Mo.	15.6	22.2	28.4	39.3	22.6	15.9	7.1	0.0	1.6	2.2	1.8	7.4	20.1	164.1
	ΔH	mm/Mo.	-0.2	6.3	11.1	11.4	5.4	4.8	-2.9	-5.2	-0.3	-2.6	0.8	0.2	-10.0	28.8
	ΔH	%	-1.3	39.6	64.2	40.9	31.4	43.2	-29.0	-100.0	-15.3	-54.2	80.0	2.8	-33.2	21.3
								Niederschlag - Precipitation								
	P	mm/Mo.	62.4	47.1	38.9	39.3	36.1	42.7	66.6	82.7	88.3	82.9	52.1	53.0	425.6	692.1
	P2	mm/Mo.	82.2	46.8	43.7	46.4	46.1	56.7	77.9	93.4	99.8	91.2	36.5	65.2	464.0	785.9
	ΔP	mm/Mo.	19.8	-0.3	4.8	7.1	10.0	14.0	11.3	10.7	11.5	8.3	-15.6	12.2	38.4	93.8
	ΔP	%	31.7	-0.6	12.3	18.1	27.7	32.8	17.0	12.9	13.0	10.0	-29.9	23.0	9.0	13.6
								Potentielle Verdunstung - Potential Evaporation								
	EP	mm/Mo.	21.3	9.7	11.1	17.9	52.8	87.2	127.6	149.2	140.8	113.9	66.8	35.1	633.4	833.4
	EP2	mm/Mo.	25.7	13.3	15.2	26.3	60.1	100.1	137.0	156.4	148.5	118.5	75.2	38.3	673.9	914.6
S	ΔEP	mm/Mo.	4.4	3.6	4.1	8.4	7.3	12.9	9.4	7.2	7.7	4.6	8.4	3.2	40.5	81.2
Z	ΔEP	%	20.6	37.1	3.7	4.7	13.8	14.8	7.4	4.8	5.5	4.0	12.6	9.1	6.4	9.7
E								Gebietsverdunstung - Areal Evapotranspiration								
N	E	mm/Mo.	17.1	11.9	13.4	15.7	25.0	41.3	94.4	97.0	95.3	76.4	43.9	25.6	432.6	557.0
A	E2	mm/Mo.	21.2	15.7	16.5	18.4	30.1	70.9	95.9	105.4	104.2	81.1	46.5	26.6	459.7	632.5
R	ΔE	mm/Mo.	4.1	3.8	3.1	2.7	5.1	29.6	1.5	8.4	8.9	4.7	2.6	1.0	27.1	75.5
I	ΔE	%	24.0	31.9	23.1	17.2	20.4	71.7	1.6	8.7	9.3	6.1	5.9	3.9	6.3	13.6
E								Bodenfeuchte - Soil Moisture								
N	Zg	mm	79.2	87.4	87.6	87.2	84.1	77.6	54.5	42.8	44.5	47.3	51.1	63.6	50.6	67.2
	Zg2	mm	79.0	87.5	87.0	86.7	82.6	71.2	47.8	43.7	45.4	48.1	45.0	58.5	48.1	65.2
0,2	ΔZg	mm	-0.2	0.1	-0.6	-0.5	-1.5	-6.4	-6.7	0.9	0.9	0.8	-6.1	-5.1	-2.5	-2.0
	ΔZg	%	-0.3	0.1	-0.7	-0.6	-1.8	-8.2	-12.3	2.1	2.0	1.7	-11.9	-8.0	-4.9	-3.0
								Durchsickerungsmenge - Percolation								
	H	mm/Mo.	15.8	15.9	17.3	27.9	17.2	11.1	10.0	5.2	1.9	4.8	1.0	7.2	30.1	135.3
	H2	mm/Mo.	20.3	17.3	22.7	30.5	18.0	13.4	9.2	6.8	2.0	5.9	0.0	7.5	31.4	153.6
	ΔH	mm/Mo.	4.5	1.4	5.4	2.6	0.8	2.3	-0.8	1.6	0.1	1.1	-1.0	0.3	1.3	18.3
	ΔH	%	28.5	8.8	31.2	9.3	4.6	20.7	-8.0	30.8	5.3	22.9	-100.0	4.2	4.3	13.5

werden, daß die Untersuchungsergebnisse von großer Bedeutung für Umweltforscher und Wasserwirtschaftsmanager, wie auch für die landwirtschaftliche Praxis sind.

Literaturverzeichnis

/1/ Bultot F., Dupriez G.L., Gellens D. Estimated annual regime of energy - balance components, evapotranspiration and soil moisture for a drainage basin in the case of a CO_2 doubling. Climatic Change, vol.12, Kluwer Academic Publ, Dordrecht, Boston, London, 1988.

/2/ Harrison S.P. An introduction to General Circulation Modelling Experiments with raised CO_2. Working Paper, IIASA, Laxenburg, June 1990.

/3/ Jakubiak B. Method for generation of the meteorological time series with prescribed statistical properties (in Polish with English summary). Wiadomości IMGW, vol. XIII (XXXIV), No. 1-4, Warszawa 1990.

/4/ Jaworski J. Evapotranspiration and soil moisture simulation as a basis for irrigation schedulding in water resources systems. Proceedings of the Hamburg Symposium, IAHS Publication No 147, 1983.

/5/ Jaworski J. Methods of areal evapotranspiration estimation and their application in the Wilga River basin (in Polish with English summary). Wiadomości IMGW vol. XIII (XXXIV), No. 1-4, Warszawa 1990.

/6/ Manabe S., Wetherald R.T. and Stouffer R.J. Summer dryness due to an increase of atmospheric CO_2 concentration. Climatic Change, vol. 3, 1981.

/7/ Monteith J.L. Evaporation and environment. Symp. Soc. Exp. Biol. Vol. 19, Cambridge 1965.

/8/ Washington W.M. and Meehl G.A. Sysonal cycle experiments on the climate sensitivity due to a doubling of CO_2 with an Atmospheric General Circulation Model coupled to a simple mixed layer ocean model. Journ. of Geophys. Res., Vol. 89, 1984.

Anschrift des Verffassers

Prof.Dr. Jerzy Jaworski
Institut für Meteorologie
und Wasserwirtschaft
ul. Podleśna 61
01-673 Warszawa, Polen

5. 15

ANTHROPOGENE KLIMABEEINFLUSSUNG - DAS REGIONALE BAYERISCHE KLIMAFORSCHUNGSPROGRAMM

Heinrich Quenzel

Kurzfassung

Zur Erarbeitung von Szenarien künftiger Klimaänderungen im regionalen Scale wurde das Bayerische Klimaforschungsprogramm (BayFORKLIM) aufgelegt. Ziele sind die Prognose der regionalen Ausprägungen der erwarteten anthropogenen globalen Klimaänderungen und weiter die Auswirkungen dieser Klimaänderungen auf die Biosphäre.

ANTHROPOGENIC IMPACT ON CLIMATE - THE REGIONAL BAVARIAN CLIMATE RESEARCH PROGRAM

Summary: In order to obtain scenarios of future climate changes in regional scale the Bavarian climate research program (Bayerisches Klimaforschungsprogramm, BayFORKLIM) was established. The objectives are forecasting the regional appearance of the envisaged global anthropogenic climate change and forecasting the autochthonous climate change and moreover the consequences of these climate changes for the biosphere.

Angesichts der erwarteten weltweiten Klimaänderungen infolge menschlicher Eingriffe in die Stoffzusammensetzung der Atmosphäre fragen die politischen Entscheidungsträger nach Klimaänderungsprognosen als Entscheidungshilfe zum Einsatz von Strategien zur Verhinderung von Klimaänderungen und zur Anpassung an veränderte Klimaverhältnisse.

Die globalen Eingriffe in die Stoffzusammensetzung der Atmosphäre sind vor allem die Zunahme der Treibhausgase Kohlendioxid CO_2, Methan CH_4, Distickstoffoxid N_2O, Fluorchlorkohlenwasserstoffe $CFCl_3$ und CF_2Cl_2, deren Einstellzeiten alle zwischen Jahrzehnten und Jahrhunderten liegen, dh. selbst der utopischen Vorgabe die anthropogenen Emissionen würden von heute auf morgen eingestellt, würde es noch mehrere Menschen-Generationen dauern, bis die Konzentrationen auf dem Level der vorindustriellen Zeit zurückgegangen wären. Die Frage, ob denn das 'anthropogene Signal' in den Klimadaten bereits erkennbar ist, ist deshalb müssig. Das 'anthropogene Signal' wird verdeckt von der natürlichen Klimavariabilität und wegen der thermischen Trägheit der Ozeane um Jahrzehnte verzögert. Die Klimasimulationen im Computer, die durchaus noch ihre Unzulänglichkeiten haben, sagen jedoch alle eine globale Erwärmung voraus. Es wäre ja auch eher unwahrscheinlich, dass die starken Eingriffe in den Spurenstoffhaushalt der Atmosphäre ohne klimatische Folgen blieben. Angesichts der vorstehend genannten langen Einstellzeiten der gestörten Spurenstoffkonzentrationen ist deshalb politischer Handlungsbedarf längst gegeben.

Im Vollzug eines Beschlusses des Bayerischen Landtages vom Dezember 1987 hatte der Bayerische Ministerrat im März 1989 ein Bayerisches Klimaforschungsprogramm aufgelegt.
Dort heisst es: "... Ziel des Programmes ist die Untersuchung möglicher Klimaveränderungen in Bayern infolge der anthropogenen Eingriffe in die Atmosphäre und der möglichen Auswirkungen dieser Klimaänderungen auf Mikroorganismen, Pflanzen, Tiere und den Menschen...".

Die Ziele dieses Auftrages sind also die Prognose
- regionaler Ausprägungen prognostizierter globaler Klimaänderungen
- autochthoner (topogener, 'hausgemachter') regionaler Klimaänderungen, wie sie bei windschwachen Wetterlagen (typisches Beispiel sind winterliche Hochdrucklagen) auftreten
- der Auswirkungen der prognostizierten Klimaänderungen auf Flora, Fauna und den Menschen.

Damit ergänzt BayFORKLIM die internationalen und das nationale Klimaforschungsprogramm, die bisher überwiegend auf globale Fragestellungen ausgerichtet waren.

Zur Erreichung der Ziele bedient sich der Forschungsverbund
- regionaler Klimamodelle
- Verwendung von Klimaänderungsszenarien aus globalen Klimasimulationen
- Verwendung vorhandener Daten über den Zustand der Atmosphäre
- Prozessstudien

Menschliche Einwirkungen auf das Klimasystem der Erde bestehen vor allem in Aenderungen des Strahlungshaushaltes der Atmosphäre, verursacht durch
- Aenderungen des 'Treibhaus'-Spurengasgehaltes
- Aenderungen von Menge und Art der Aerosolpartikeln
- Aenderungen der Bodenalbedo durch veränderte Landnutzung

Hinsichtlich der autochthonen anthropogenen Einwirkungen auf das Klima im regionalen Scale sind von Interesse die Spurenstoffe mit kurzer Verweilzeit in der Atmosphäre, weil sie horizontal und vertikal inhomogen verteilt sind, also insbesondere die immer kurzlebigen Aerosolpartikeln.

Es gibt nicht nur Auswirkungen des Klimas auf die Biosphäre, sondern auch Rückwirkungen der Biosphäre auf das Klima, z.B. weil die vom Klima beeinflusste Stärke der Verdunstung der Vegetation die Menge des Treibhausgases Wasserdampf beeinflusst, aber auch z.B. die Emissionen von höheren

Kohlenwasserstoffen (Terpene, Isopren) aus der Vegetation sind an der Bildung des troposphärischen Ozons beteiligt. Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Biosphäre werden deshalb beachtet.

Im Vollzug seines Auftrages wird BayFORKLIM von einem Forschungsverbund, an dem universitäre und ausseruniversitäre Forschungseinrichtungen vornehmlich aus Bayern beteiligt sind, in ca. 60 Einzelprojekten bearbeitet. Die ersten Projekte sind Anfang 1990 in Arbeit gegangen. Ausser Meteorologen wirken z.B. Biologen, Agrarwissenschaftler, Forstwissenschaftler, Mediziner mit.

Die Mitwirkenden in BayFORKLIM sind sich bewusst, dass eine 'präzise' Prognose der zu erwartenden Klimaänderungen und ihrer Folgen für die Biosphäre sich mit Sicherheit nicht erstellen lässt, und zwar schon deshalb nicht, weil niemand die Stärke künftiger anthropogener Eingriffe in die Stoffzusammensetzung der Atmosphäre präzise vorhersagen kann. Allerdings wird sich mit den zu erstellenden Klima-Szenarien die Bandbreite der erwarteten Klimaänderungen eingrenzen lassen.

Nach den globalen Klimamodellen ist bei einer Verdopplung der Strahlungswirkung der Treibhausgase, also irgendwann in der ersten Hälfte des 21. Jhdts., in Deutschland mit einer Erhöhung der bodennahen Lufttemperatur von 2 bis 3°C und einer Veränderung des Niederschlags zu rechnen, einer Erhöhung der Niederschlagsintensität von etwa 3 % pro Grad Temperaturerhöhung /1/, allerdings vermutlich gekoppelt mit einer jahreszeitlichen Verschiebung des Niederschlags, nämlich Erhöhung des Sommerniederschlages und Abnahme des Winterniederschlages /2/.

Folge einer Temperaturerhöhung auf den Wasserhaushalt sind eine
- Zunahme der Verdunstung

und damit
- Abnahme der Abflüsse
- Abnahme des Bodenwassergehaltes
- Abnahme der Grundwassererneuerung
- Verschlechterung der Grundwasserqualität

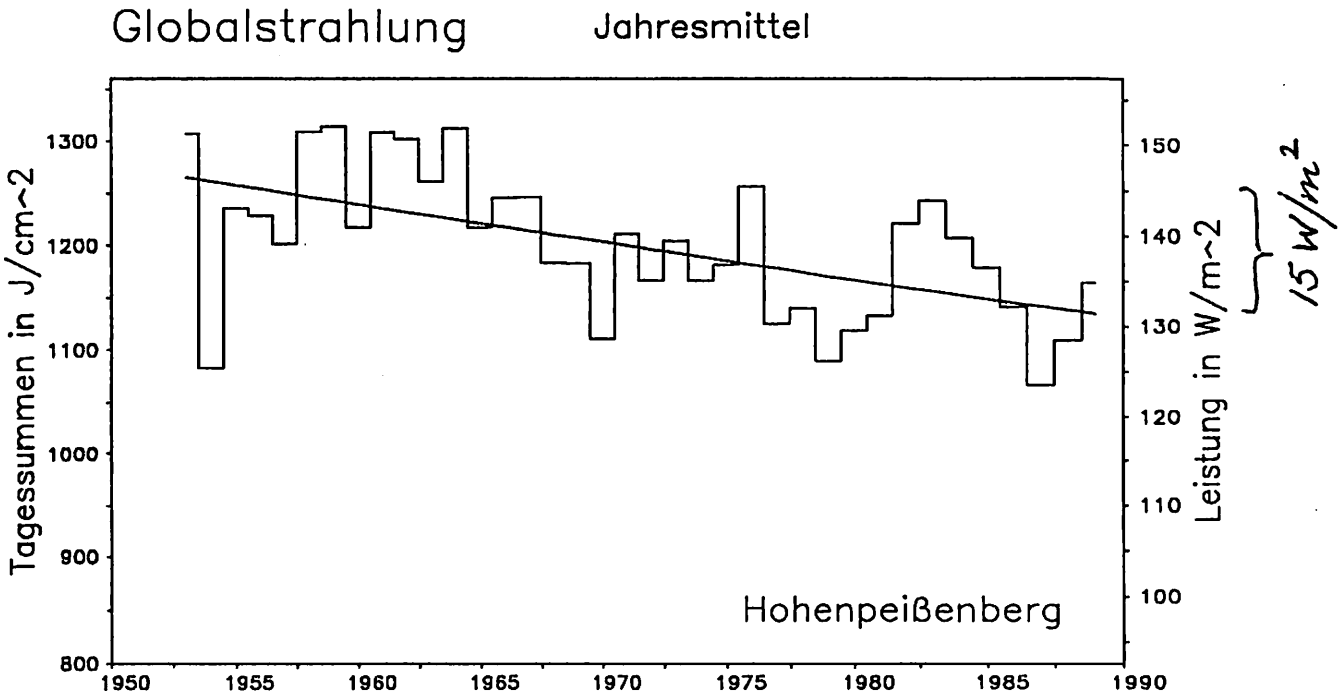
die sich zwar noch kaum quantifizieren lassen, jedoch unabwendbar scheinen.

Selbst bei unveränderter Menge und jahreszeitlicher Verteilung der Niederschläge ist bei erhöhter Temperatur der Niederschlag im Winter in Form von Schnee geringer, und das führt zu
- geringerer natürlicher Wasserspeicherung
- Zunahme von Hochwasser
- Zunahme der Bodenerosion.

BayFORKLIM versucht hier, belastbare Ergebnisse zu erzielen. Allerdings ist die Abdeckung des Themenkomplexes der Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt mit Einzelprojekten noch in der Konzeptphase.

Eine interessante bereits beobachtete Klimavariation, sei sie anthropogen oder nicht, ist die Abnahme der Globalstrahlung in Mitteleuropa in den letzten Jahrzehnten.

In der Abbildung /3/ ist die Globalstrahlung als Jahresmittel, gemessen auf dem Hohenpeissenberg, einem Observatorium in 975 m Höhe auf einem Inselberg zwischen München und den Alpen gelegen, dargestellt. Die Globalstrahlung ist die auf eine horizontale Fläche auftreffende direkte und gestreute ('Himmelstrahlung') Sonnenstrahlung. Sie hat seit Beginn der Messungen im Jahr 1953 bis zum Jahr 1989, also in 37 Jahren Beobachtungszeit um 10.3 % abgenommen, das sind 2.8 % pro Dekade. Als Ursachen zeichnen sich ab eine erhöhte Lufttrübung durch verstärkte Aerosoltrübung und eine Erhöhung der Bewölkung infolge verstärkter Westwetterlagen. Die solare Einstrahlung hat demnach in den letzten



4 Jahrzehnten um fast 15 W/m^2 abgenommen. Das ist ein immens grosser Wert verglichen mit der Erhöhung der (langwelligen) Gegenstrahlung bei verdoppeltem CO_2 Aequivalent (des 'Treibhauseffektes') von nur 2 bis 2.5 W/m^2. Die Abnahme der Globalstrahlung müsste zu einer Temperaturabnahme führen, würde sich nicht gleichzeitig die Gegenstrahlung erhöhen. Tatsächlich kompensiert eine erhöhte Gegenstrahlung die verminderte Einstrahlung, wenn diese durch eine erhöhte Bewölkung verursacht sein sollte. Mit einer Verringerung der Globalstrahlung gekoppelt ist eine Verringerung der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR), was jedoch beispielsweise nicht ohne Folgen bleiben kann auf die Photosyntheseleistung der Vegetation (auch Nutzpflanzen) oder auf die Emission von höheren Kohlenwasserstoffen (z.B. Terpen, Isopren) aus der Vegetation, was gegenläufige Effekte auf die Bildung von Photosmog mit dem lufthygienisch unerwünschten Photosmog mit troposphärischer Ozonbildung und der Genese von Aerosolpartikeln hervorruft. Eine ähnliche Abnahme der Globalstrahlung zeigen auch andere Stationen in Deutschland, z.B. Norderney, Hamburg und Würzburg, wobei die Ursachen der Globalstrahlungsabnahme an den verschiedenen Stationen verschieden sind; das Problem ist stark regionalisiert.

Das ist nur ein weiteres Beispiel für offene Fragen, denen in BayFORKLIM nachgegangen wird, weil es typische Fragen für ein regionales Klimaforschungsprogramm sind.

Literaturverzeichnis

/1/ Deutscher Bundestag Dritter Bericht der Enquete-Kommission
'Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre'
Drucksache 11/8030, 24.5.1990

/2/ Giorgi F., M.R. Marinucci, G. Visconti A 2xCO_2 Climate Change Scenario over Europe generated using a limited area model nested in a general circulation model
II. Climate change scenario
eingereicht bei J. Geophys. Res., Juli 1991

/3/ Liepert B. Statistische Untersuchungen längerer Globalstrahlungszeitreihen in Deutschland
Diplomarbeit, Lehrstuhl für Biometeorologie und Angewandte Meteorologie, Univ. München, 1991

Anschrift des Verfassers
Prof. Dr. Heinrich Quenzel
Gesamtkoordinator BayFORKLIM
Universität München
Meteorologisches Institut
Theresienstrasse 37
D-W-8000 München 2

5.16

Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Abflußverhalten großer Flußgebiete

Wilke, K. und Krahe,P.
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz

Zusammenfassung

Der aktuelle Stand der Klimaforschung wird aufgezeigt und die Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Komponenten des Wasserhaushaltes und die Wasserwirtschaft, soweit sie qualitativ bekannt sind, beschrieben.

Für quantitative Abschätzungen dieser Auswirkungen werden räumlich hochauflösende bzw. regionale Klimaszenarien und entsprechende hydrologische Modelle benötigt. Die Anforderungen an die Klimaszenarien von hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Seite werden diskutiert. Die Entwicklung mesoskaliger hydrologischer Modelle für große Flußgebiete ist erforderlich. Als Beispiel hierfür wird ein von der BfG in Zusammenarbeit mit der Ruhruniversität Bochum entwickeltes Flußgebietsmodell zur Simulation von Hoch- und Niedrigwasserabflüssen im Einzugsgebiet der Mosel vorgestellt.

5.12

ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ДРАВЫ В ХОРВАТИИ

Огнен БОНАЧЧИ*
Зденко ТАДИЧ**
Душан ТРНИНИЧ***

* Строительный факультет, Университет в г.Сплите, Хорватия
** Хидроинг – г.Осиек, Хорватия
*** Гидрометеорологический институт Республики Хорватии, г.Загреб, Хорватия

Р Е З Ю М Е

Вдоль по течению реки Дравы, а также на участках ее бассейна в Словении, Хорватии, Венгрии и Австрии за последние двадцать лет построены многочисленные водохозяйственные, гидроэнергетические и другие крупные сооружения. Их строительство существенно повлияло на водный режим реки Дравы, особенно в период межени. В статье анализируются изменения в режиме малых вод на участке р.Дравы от г.Вараждина (285 км) до в.п. Белище (54 км). Анализированы изменения уровня воды, расходов и количеств взвешенных и донных наносов. Определены значения изменений, время их появления, тенденции изменения и причины их возникновения.

Abstract. During the last twenty years numerous water supply, hydroelectric and other large structures have been built along the Drava River and in its catchment area in Slovenia, Croatia, Hungary and Austria. Their construction has greatly influnced the water regime of the Drava River, especially during the low waters. The paper analyzes in detail the changes in the regime of the low waters along the stretch from Varaždin (285 km) its to inflow into the Danube River (0 km). The analysis includes the changes in the water levels, discharges and the quantities of suspended and bed load sediment. The paper deals with the intensity of changes, the time of their occurrence, their trends and the reasons which caused them.

******

ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящей статьи является изучение изменений в русле и бассейне реки Дравы, вызванных многочисленными видами деятельности человека.
Причины, вызвавшие изменения гидрологических и других характеристик в бассейне и русле реки Дравы, многочисленные. В верхнем течении (до устья р.Муры) построено 19 ГЭС, из чего даже 11 с 1968 по 1985 год, а проектируется построить еще 8 ГЭС. Проведены многочисленные регуляционные работы по всему течению рек Дравы и Муры и почти на всех их притоках. Из бассейна реки Дравы, а также из его непосредственной близости добываются большие количества гравия и песка для потребностей в строительном деле. Интенсивно развилось сельское хозяйство, а вместе с ним и системы для водоотлива и орошения. И наконец, прогрессировали урбанизация индустриализация, особенно интенсивно в верхней части бассейна до впадения Муры в Драву. Все анализированные изменения начались происходить особенно лет двадцать тому назад. Однако, их эффекты наиболее сильно были выражены за последние лет десять. Как они будут развиваться в будущем, трудно прогнозировать. На основании существующего отрицательного опыта очевидно, что для устранения последствий необходимо будет приложить значительные координированные международные усилия, и вложить большие средства.

АНАЛИЗ УРОВНЕЙ ВОДЫ

На основании анализов рядов максимальных, средних и минимальных годовых расходов на трех гидрометрических станциях в Хорватии (Ботово, Терезино Поле и Дони Михоляц) в периоде 1926 - 1988гг., можно сделать определенные выводы о местных и общих изменениях в русле анализируемой реки. Самый значительный индикатор изменений представляет собой появление тенденций всех уровней воды к последовательным минимальным годовым уровням, которое для рядов минимальных уровней колеблется от 2.68 см/год на профиле Ботово до 1.68 см/год на профиле Дони Михоляц.

Проведенными испытаниями доказана статистическая значительность для всех определенных тенденций. Если этот анализ дополнить изучением морфологических изменений на многочисленных поперечных профилях вдоль по течению реки Дравы от Ботово до Белище на участке длиной 173 км, тогда приходим к окончательному выводу, что речь идет об общем процессе, захватившем весь рассматриваемый участок нижнего течения реки Дравы.

АНАЛИЗ РАСХОДОВ

Замечено, что кривые расходов на реке Драве на анализируемом участке нестабильные, особенно в периоде малых вод. Дискриминационным анализом разделены две подгруппы в периоде до 1977 и после этого года. Процессы эрозии русла особенно усилены в периоде после 1977 года. Поэтому, прогнозирования особенно малых вод, но также средних и больших вод, затруднительны и пости невозможны. Анализом рядов минимальных годовых расходов в периоде от 1926-1988 года получены поразительные результаты. На профиле Ботово тенденция уменьшения расходов составляет 1.7 $м^3\ s^{-1}$ в год, на профиле Терезино Поле составляет 3.2.$м^3\ s^{-1}$ в год, а на профиле Дони Михоляц 1.1 $м^3\ s^{-1}$ в год. Если рассматривать только последнюю декаду периода от 1979 до 1988г. получается, что уменьшения рядов минимальных годовых расходов усиливается в Ботово на 7.2 $м^3\ s^{-1}$ в год, в Терезино Поле на 5.1 $м^3\ s^{-1}$ в год и в Дони Михоляце на 5.0 $м^3\ s^{-1}$ в год. Обеспокоивающие процессы продолжаются, а с временем даже интенсивируются.
Очевидно, что происходят процессы, которые уже не находятся под контролем и которые захватили целое нижнее течение реки Дравы и, как таковы, они могут привести к серьезным последствиям.

АНАЛИЗ НАПОСОВ

На рисунке 1 показан план расположения на котором обозначены положения построенных гидроэлектростанций и их водохранилищ, а также планируемых ГЭС.

Обозначено также пять поперечных профиля на которых измеряют взвешенные и донные наносы. Постройкой ГЭС произошло задерживание части взвешенных наносов, пока донные наносы задержаны полностью в их водохранилищах. Здесь следует подчеркнуть, что объемы выполненных водохранилищ не большие. Водохранилища планируемых ГЭС больше их, поэтому, можно ожидать что их эффекты на морфологические и остальные изменения будут еще значительнее.

На рисунках 2, 3 и 4 показаны диаграммы переноса взвешенных наносов на трех измерительных профилях. На профиле Вараждин (рис. 2) вследствие постройки ГЭС Златоличье в 1968 году, произошло значительное уменьшение переноса взвешенных наносов в 2.5. раза. Постройкой водохранилища ГЭС Вараждин в 1975 году перенос взвешенных наносов уменьшился в дальнейшие 2.4 раза. Водохранилище Златоличье отдалено от измерительного профиля Вараждин 70 км.

На профиле Ботово (рис. 3) строительство водохранилища ГЭС Вараждин, отдаленного 68 км привело к уменьшению переноса взвешенных наносов приблизительно на 25%. Постройкой ГЭС Чаковец отдаленной 48 км от профиля Ботово, перенос взвешенных наносов уменьшился на 2.2 раза.

На измерительном профиле Дони Михоляц (рис. 4) не произошло уменьшение переноса взвешенных наносов вследствие постройки ГЭС Вараждин, но из-за постройки ГЭС Чаковец перенос взвешенных наносов уменьшился даже в 2.9 раза. Водохранилище ГЭС Чаковец отдалено 198 км от Дони Михоляца. В этом последнем случае наверное речь идет о комбинированном влиянии водохранилища ГЭС Вараждин и интенсивной эксплуатации наносов из русла реки для потребностей строительства. На основании некомплектной документации на участке реки Дравы от Вараждина до Осиека из русла Дравы добывают приблизительно $1.7 * 10^6$ тонн материала в год. Эта деятельность очень плохо урегулирована в техническом, правовом и экономическом смыслах в основном не находится под контролем. Поэтому последствия такой деятельности уже показались очень опасными и вредными.

Что касается донных (влекоммых) наносов, их измерения проводились в меньшем объеме. Они составляют приблизительно 15% переноса взвешенных наносов, а постройкой гидроэлектростанций уменьшились в среднем с 150.000 т на 20.000 т/год.

ВЫВОДЫ

Проведенные обработки гидрологических величин бесспорно показали существование изменений в режиме течения реки Дравы.

Замечено существование статистически очень важной тенденции уменьшения указанных максимальных, средних и минимальных годовых уровней воды, из чего приходим к выводу что дно реки Дравы на участке от Ботово вниз по течению спускается в среднем 2 до 4 см в год.

Причины существования и образования понижающих тенденций можно искать в строительстве водохранилищ и гидроэнергетических каскадов в верхней части течения реки Дравы. Строительством перегородок осуществляется задерживание большей части первично влекомых, но также и взвешенных наносов в водохранилищах. Поэтому, река вниз по течению от перегородки становится насыщенной наносами, и таким образом освободившейся энергией разрушает наносы со дна собственного русла. По этой причине происходит углубление дна на более длинных участках реки, что сопровождается также явлением уменьшения минимальных годовых уровней воды. Разумеется, это не нужно считать единственной причиной углубления дна. Существует реальная возможность систематического уменьшения минимальных годовых расходов вследствие все большего потребления воды. Известно, что в анализируемой части бассейна реки Дравы все больше используются грунтовые воды для потребностей водоснабжения и орошения, но также используются и воды речного течения. В некоторых местностях наблюдалось также так называемое безвозвратное использование грунтовых вод, таким образом местами уровни грунтовых вод понижены даже на 10 м. Недостаточно контролируемая и некординируемая деятельность человека приводит таким образом к существенным и опасным изменениям режима первично малых вод на анализируемом участке реки Дравы.

ЛИТЕРАТУРА

BONACCI O. 1972. Zur Anwendung der Diskriminanzanalyse in der Hydrologie. Wasserwirtschaft 62 (2), 375-380.

TRNINIĆ. D., 1984. Contribution to the hydrological analysis of the low lewels. (Prilog hidrološkoj analizi malih voda). Gradevinar 36 (10), 379-404.

BONACCI O. and TRNINIĆ D., 1986. The prediction of changes in the groundwater levels in the neishbourhood of Zagreb. Proc. of 13th Conf. of the Danube countries on hydrological forecasts. (Beograd, sept. 1986) 133-139.

BONACCI O. and TRNINIĆ D., 1991. Hydrologische, durch die Aktivität des Menschen hervorgerufene Veränderungen im Flussgebiet der Sava bei Zagreb. Wasserwirtschaft 81 (4), 171-175.

ROBINSON M., 1986. Changes in catchment runoff following drainage and afforestation. J. Hydrol. 86: 71-84.

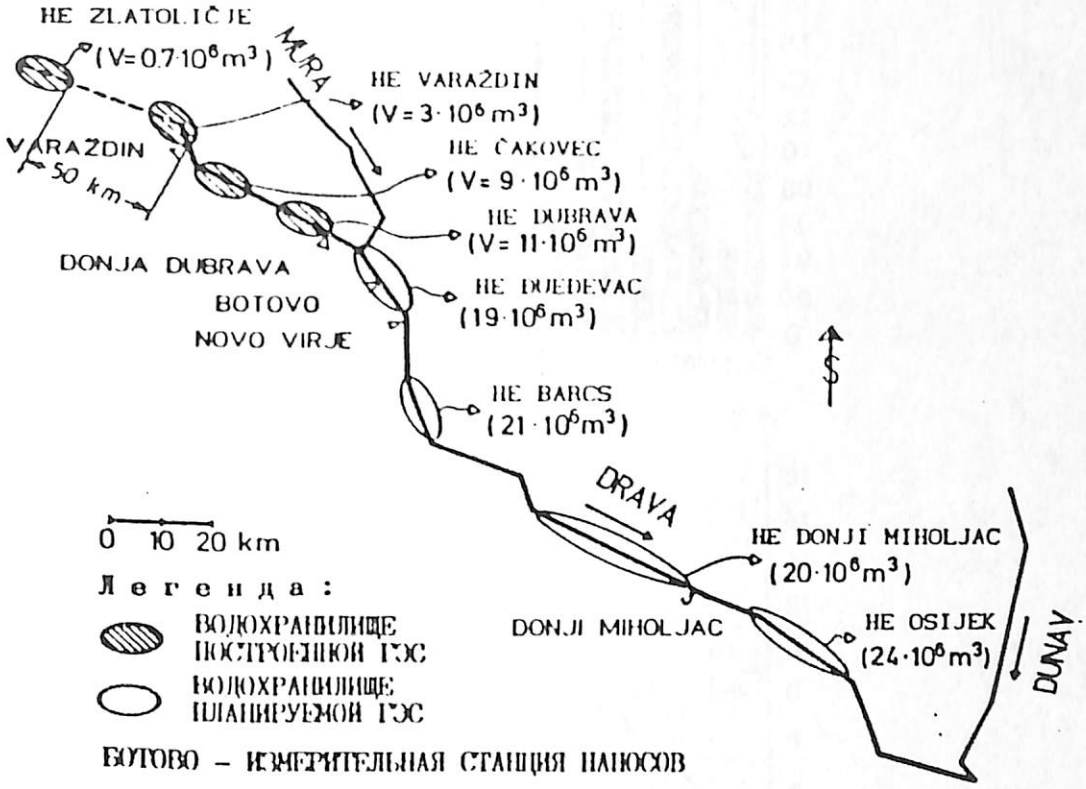
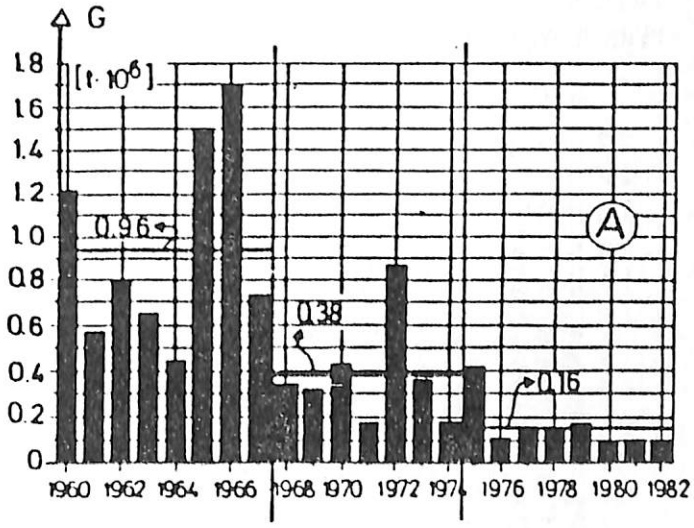


Рис. 1. СХЕМАТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕКИ ДРАВЫ С ОБОЗНАЧЕННЫМИ ПОСТРОЕННЫМИ И ПЛАНИРУЕМЫМИ ГЭС И ИХ ВОДОХРАНИЛИЩАМИ, А ТАКЖЕ СТАНЦИЯМИ НА КОТОРЫХ ИЗМЕРЯЮТ НАНОСЫ.



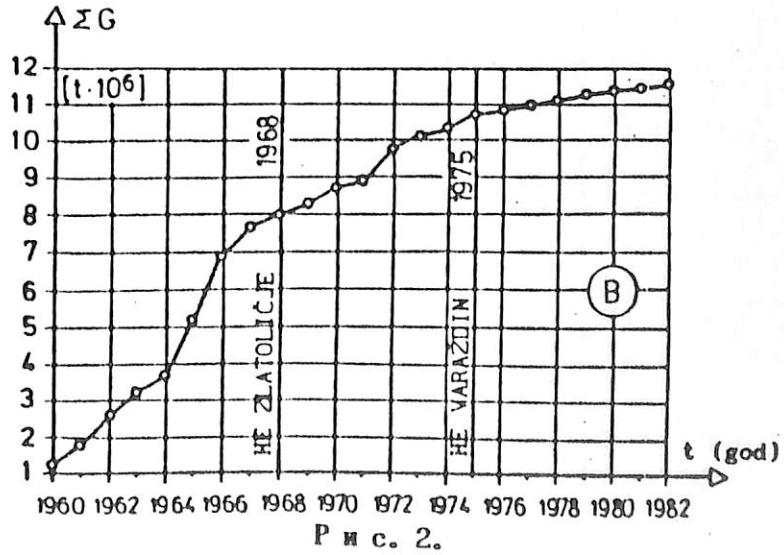
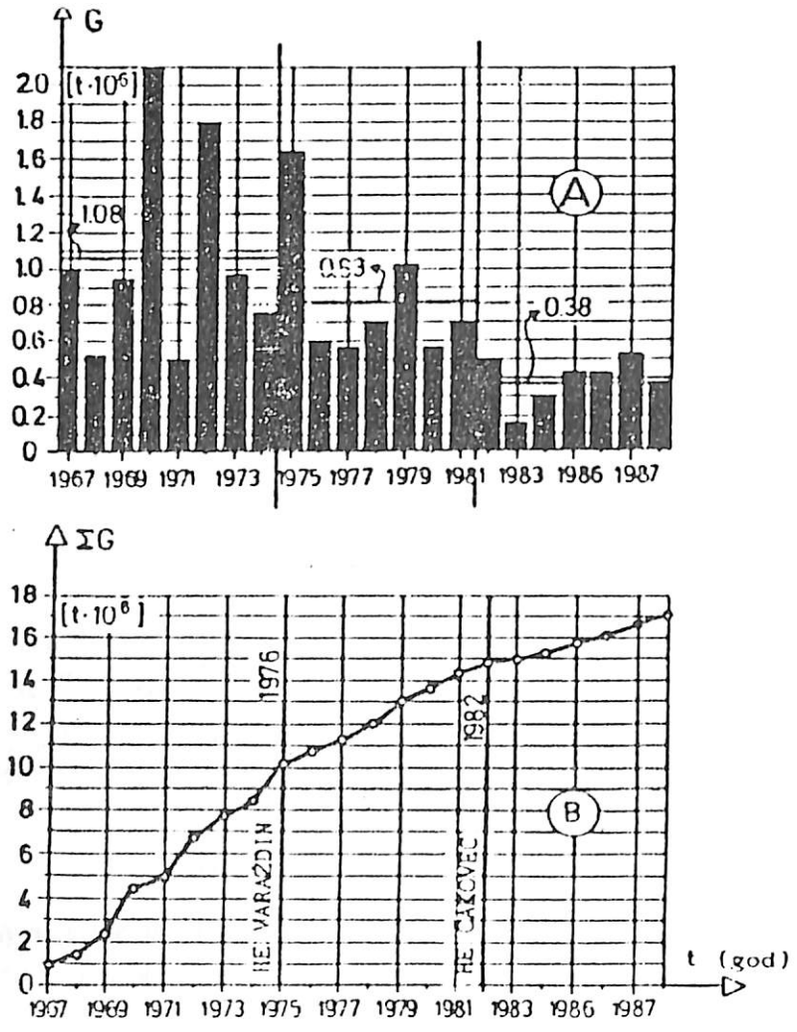
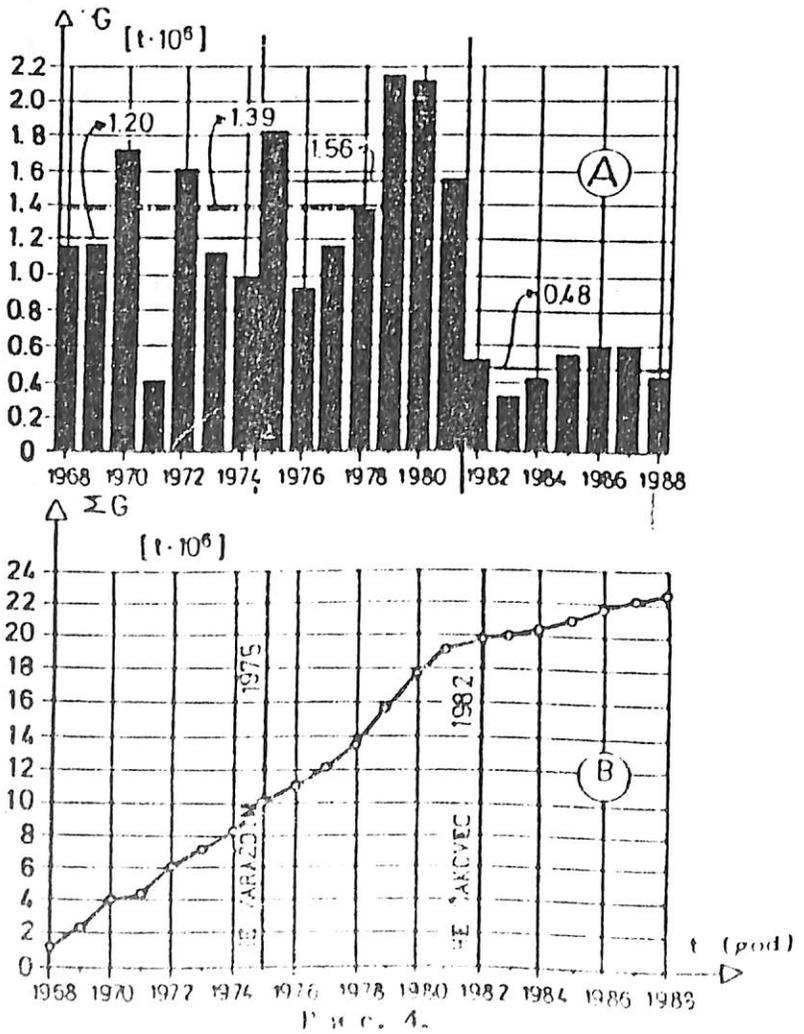


Рис. 2.
ГОДОВОЙ ПЕРЕНОС ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ (А) И КУМУЛЯТИВНАЯ КРИВАЯ ГОДОВОГО ПЕРЕНОСА (Б) НА ДРАВЕ У ВАРАЖДИНА.



Р и с. 3.

ГОДОВОЙ ПЕРЕНОС ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ (А) И КУМУЛЯТИВНАЯ КРИВАЯ ГОДОВОГО ПЕРЕНОСА (Б) НА ДРАВЕ У БОТОВО.



Р и с. 4.

ГОДОВОЙ ПЕРЕНОС ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ (А) И КУМУЛЯТИВНАЯ КРИВАЯ ГОДОВОГО ПЕРЕНОСА (Б) НА ДРАВЕ У ДОНИ МИХОЛЯНА

506

Themenbereich 6
Тема 6

Temperatur- und Eisregime

Термический и ледовый режим

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

TEMPERATUR- UND EISREGIME DER DONAU UND IHRER WICHTIGEREN ZUBRINGER

ТЕРМИЧЕСКИЙ И ЛЕДОВОЙ РЕЖИМ РЕКИ ДУНАЙ И ЕГО ВАЖНЕЙШИХ ПРИТОКОВ

TEMPERATURE AND ICE REGIME OF THE DANUBE RIVER AND ITS MAJOR TRIBUTARIES

A. Stancikova
А. Станчикова

Kurzfassung: Die Wassertemperaturen und die Eiserscheinungen eines Flusses werden durch die natürlichen Gegebenheiten des durchflossenen Einzugsgebietes bestimmt. In der Zusammenarbeit der Donauländer wurde ein Projekt bearbeitet, das aufgrund der ausgewählten Charakteristiken für die Donaustrecke zwischen Ingolstadt und Braila eine Übersicht über die langfristige Entwicklung der Wassertemperatur, das Vorkommen und die Dauer von Eiserscheinungen sowie die Temperaturcharakteristika der Winterperioden mit Eiserscheinungen erstellte. Im späteren Verlauf der Untersuchung wurden diese Verhältnisse in Bezug zu bedeutenden anthropogenen Eingriffen gesetzt.

Резюме: Температура воды и ледовые явления на реках находятся под влиянием природных условий бассейна реки а также хозяйственной деятельности человека. Придунайскими странами для участка Дуная между Ингольштадтом и Брайлой был разработан проект, в котором представлены данные о долговременных изменениях температур воды и наличии и продолжительности ледовых явлений, составлены термические характеристики зим с наличием льда и сделан анализ этих явлений в соответствии с антропогенной деятельностью в бассейне Дуная.

Summary: The water temperature and the ice regime of a river are formed by the natural conditions of the river basin and the human activities in the respective basin. Within the collaboration of the Danube countries a project was elaborated, which on the basis of the selected characteristics for the Danube section between Ingolstadt and Braila gives a survey of the long term development of the water temperature, occurrence and duration of ice phenomena, the temperature characteristics of the winter periods with the occurrence of ice and an analysis of these parameters in relation to major anthropogenic impacts.

1. Einleitung

Die regionale Zusammenarbiet der Donauländer im Rahmen der Hydrologie setzte nach der Vollendung des I.Teiles der Monographie der Donau laut dem an der Sitzung der Vertreter der NK IHP in Budapest im Jahre 1987 abgestimmte Programm fort. Sie hat sich auf die Bearbeitung von 4 Themen,die aus der Projekt IV.-M-5.2 des IHP UNESCO folgten,konzentriert.Das Thema "Temperatur- und Eisregime der Donau und ihrer wichtigeren Zubringer"wurde von der Forschungsanstalt für Wasserwirtschaft Bratislava,ČSFR koordiniert. In der Arbeit werden die gewählten Wassertemperaturcharakteristiken in 35 Pegelprofilen an der Donau ab Ingolstadt in der Bundesrepublik Deutschland (Fkm 2458,3) bis zu Braila in Rumänien (Fkm 169,7) und in 14 Profilen an 13 Zubringern (in CSFR, Jugoslawien und Rumänien) präsentiert. Das Eisregime auf dem angegebenen Donauabschnitt wurde nach den Beobachtungen in 40 Profilen und in 13 Profilen auf den Zubringern gewertet.
Das Temperatur- und Eisregime ist von mehreren sich wermischenden Faktoren,die in 4 Gruppen zusammengefasst werden können,beeinflusst. Es sind diesen Gruppen:

- die klimatischen Verhältnisse,von deren vor allem die Lufttemperatur, die Windgeschwindigkeit und die Sonnenstrahlungsin - tesität zur Geltung kommen,
- die morphologischen Verhältnisse in dem Flusstal sowie in seiner Umgebung, die Vegetation,
- die hydrologischen und hydraulischen Verhältnisse von diesen der Durchfluss,die Tiefe und die Geschwindigkeit,die Zahle der Zubringer und
- die Menschentätigkeit im Flussgebit.

Auf der 2450 km lange untersuchte Donaustrecke sind diesen Faktoren sehr werschiedenartig. Besonders solche Menschentätigkeit wie der Ausbau von Wasser-,Dampf-und Kernkraftwerken,grosse Industrie- und Stadtaglomerationen,haben einen ausdrucksvollen Einfluss,der auch hinsichtlich des Anfangs und der Dauerzeit differenziert ist.
Diese Tatsachen sowie die ungleich langen Beobachtungsreihen der untersuchten Erscheinungen und der beeinflussenden Faktoren komplizieren die Bedingungen für die einheitliche und zeitgleiche Beurteilung des Temperatur- und Eisregimes auf der ganzen Donaustrecke.Die Unhomogenität der Beobachtungsreihen bildete das Grundproblem bei der Bearbeitung des gesammelten Materials.

2. Temperaturregime

Zur Charakterizierung des Temperaturregimes der Donau und seiner Zubringer wurden die mitteljährlichen, die maximalen und minimalen täglichen Wassertemperaturen in den einzelnen Profilen seit der Einführung der Beobachtungen bis zum Jahre 1985 angewendet. Aus den das Temperaturregime beeinflussenden Faktoren wurden für die Bewertung zwei ausgewählt, und zwar die Lufttemperatur und der Wasserdurchfluss. Die jährliche Durchschnittstemperatur und die maximale und minimale Lufttemperatur ergänzen so das Bild der Temperaturverhältnisse der Donau und ihrer Zubringer.
Die Länge der zur Verfügung stehenden Beobachtungsreihen der bewerteten Grössen betrug 13 bis 85 Jahre. Auf der deutschen Donaustrecken wurden die Wassertemperaturbeobachtungen im Jahre 1934 angefangen, aber in einigen Profilen es erst im Jahre 1973.

In den angewandten österreichischen Profilen gab es Beobachtungen schon im vorigen Jahrhundert. Auf dem tschechoslowakischen, ungarischen und dem gemeinsamen Donauabschnitt sind Beobachtungen seit dem Jahre 1931,bzw.1946 zur Verfügung.Auf dem jugoslawischen Abschnitt hat die Mehrheit der Beobachtungen im Jahre 1946 begonnen.In Bulgarien und Rumänien wurden die Temperaturmessungen im Jahre 1937,einige im Jahre 1943,1948 und auf den Zubringern in Jahre 1951,bzw.erst im Jahre 1962 eingeführt.Zur Beurteilung der Temperaturverhältnisse der Donau wurden die Daten aus den 22 Profilen benutzt, in den komplette Beobachtungsreihen für die Jahre 1956 bis 1985 zur Verfügung standen. Bei der Bearbeitung wurde die Tatsache, dass die untersuchten 30 Jahre nicht homogen sind,nicht ausser der Rücksichtnahme gelassen und deswegen wurden diese in kürzere Zeiträume geteilt,und zwar 1956 - 1965,1966 - 1975,1976 - 1985. Weiter wurde es untersucht,ob es trozt der Unhomogenität nicht möglich ist, in diesem Zeitraum bestimmte Tendenz zu finden,die einerseits die Gesetzmässigkeiten der Natur anderseits die bekannten anthropogenen Eingriffe berücksichtigen.Für die Beobachtungsreihen der jährlichen Durchschnittswerte von Wasser -(t_o) und Lufttemperaturen (t_a) wurden die Dauerlinien für den Zeitraum 1956 - 1985 hergestellt.Ausserdem wurden die Korellationsabhängigkeit zwischen t_o und t_a für die 30 Jahre und für die einzelnen Jahrzente untersucht. Für die Profile mit einer längeren Beobachtungsreihe wurden diese Abhängigkeit auch für andere Zeiträume untersucht,z.B.für 40 Jahre 1901-1940,1911-1950,1921-1960, 1931-1970 usw., für 25 Jahre 1951-1975, 1961-1985 u.a.
Die durch dieses Bearbeitungsverfahren gewonnenen Resultate (eine Auswahl stellt das Bild 1 dar) haben es erlaubt zu identifizieren
- die Tendenz der Wassertemperaturänderungen und zwar nach der Erwartung die Erhöhung der Temperatur dem Fluss entlag (der Vergleich der Linien für Bratislava,Komárno,Budapest,Svistov,Silistra),
- die durch die anthropogenen Eingriffe verursachten Anomalien (die Linien für Ingolstadt und Regensburg,Linz und Wien,Paks),
- die Bereich der Wasser- und Lufttemperaturen,den diese Werte in den einzelnen Profilen erreichen und deren Vergleichung längs des Flusses.

Im Zusammenhang mit der Anwendung des jährlichen Durschschnittwertes für die Charakterisierung des Temperaturregimes ist es zu bemerken,dass diese Angabe den Unterschied zwischen den während des Tages angemessenen Temperaturen im Jahresdurchlauf (Sommer-Winter) ausgleicht.Diese Unterschiede können bis 25 °C erreichen.Eine tiefgehende Analyse der durch die täglichen oder monatlichen Durchschnittswerte angedrückten Temperaturen während des Jahres würde es ermöglichen,die gewonnenen Erkenntnisse zu ergänzen und präzisieren.

3. Das Eisregime

Das Eisregime der Donau und ihrer Zubringer wurde von zwei Gesichtspunkten aus beurteilt, zwar nach
- dem Zeitvorkommen des Eitretens und der Dauer von Eiserscheinungen (EE) und der Eisdecke (ED) und
- der Temperaturcharakteristik der Winterperiode.

Zur Verfügungen standen die Beobachtungen an der Donau auf dem

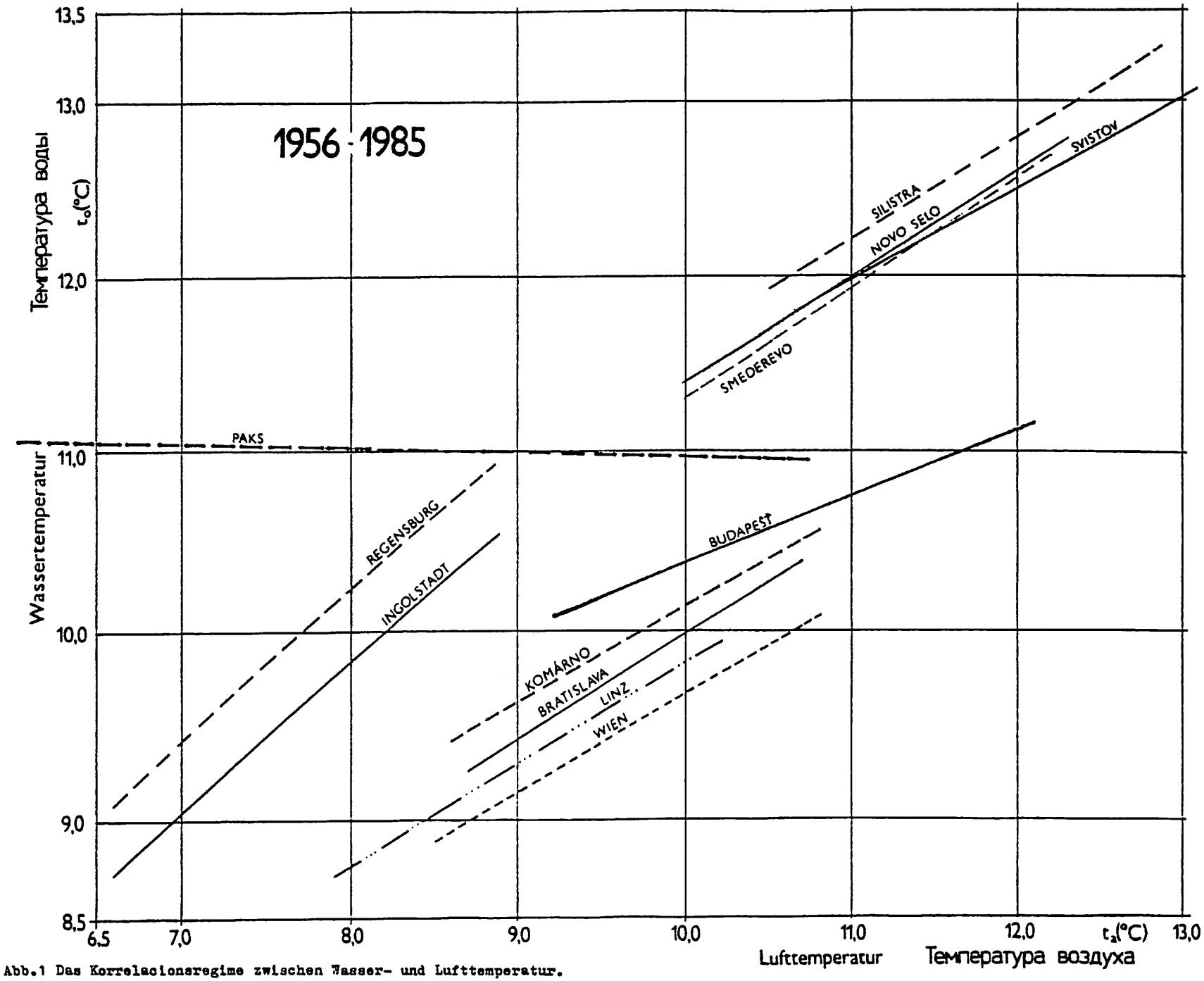


Abb.1 Das Korrelationsregime zwischen Wasser- und Lufttemperatur.

Рис.1. Корреляционная зависимость между температурой воды

Gebiet von
- BRD 14 Profile mit der Dauerlänge von 56 bis 85 Jahren,
- Österreich 4 Profile mit den Beobachtungen seit dem Winter 1894/95, d.h. 91 Jahre,
- CSFR 3 Profile mit der Dauerlänge von 55 bis 85 Jahren,
- Ungarn 4 Profile mit der Dauerlänge von 40 bis 85 Jahren,
- Jugoslawien 6 Profile mit der Dauerlänge von 56 bis 88 Jahren,
- Bulgarien 5 Profile mit der Dauerlänge von 44 Jahren und
- Rumänien 3 Profile mit der Dauerlänge von 44 bis 53 Jahren.

Auf den Zubringern befinden sich in CSFR 4 Profile mit den Beobachtungen von 34 bis 60 Jahren, 5 Profile in Jugoslawien mi den Beobachtungen von 60 bis 85 Jahren und in Rumänien 5 Profile mit den Beobachtungen von 34 Jahren.

Das Eisregime wird von manchen Tätigkeiten auf dem Fluss, die eine volkswirtschaftliche Bedeutung aufweisen, beeinflusst (die Schiffart, die Wasserentnahmen, der Objektenschutz u.s.w.). Von diesem Gesichtspunkt aus sind die Termine des Anfangs und des Endes, sowie der Dauer von Eiserscheinungen und Eisdecke wichtig. In den einzelnen Profilen wurden für die ganzen Beobachtungsperiode die Extremwerte dieser Charakteristiken ausgesucht, d.h. der früherste Anfang von EE (AEE) und von ED (AED), das Ende von ED (EED) und von EE (EEE), die durchschnittliche, die längste vollständige und die längste ununterbrochene Dauer von EE und ED.

Analogisch wie das Temperaturregime wird auch das Eisregime der Donau durch die Menschentätigkeit stark beeinflusst, was eine Unhomogenität der Beobachtungsangaben verursacht. Deswegen wurde die ganze Beobachtungsperiode in ausgewählten Profilen für kürzere Intervalle, d.h. für die letzten 40-, 30- und 20-Jahresperiode untersucht. So wurden die Intervalle der Jahre 1946 bis 1985, 1956 bis 1985 und 1966 bis 1985 ausgewertet. Als ausserordentliche Fälle wurden das Vorkommen und die Dauer dieser Erscheinungen während der bedeutenden Wintersperioden 1953/54, 1955/56, 1962/63 und 1984/85.

Die Temperaturcharakteristik der Wintersperioden mit EE und ED in den eizelnen Profilen wurde für jeden Winter nach einigen Angaben beabeitet. Es waren:
- die Lufttemperatur am ersten Tag mit dem Vorkommen von EE und ED,
- die negative Temperatursumme ($\sum t_a$) bis zum ersten Tag mit dem Vorkommen von EE und ED,
- die Anzahl dieser Tag,
- die pozitive Temperatursumme bis zum Ende von EE und ED und
- die Wassertemperatur am ersten Tag mit EE und ED.

Diese Angaben sind in Tabellenübersichten zusammengestellt und auch graphisch interpretiert. Einige Beispiele des Vorkommens von bedeutenden Daten für die ganze Beobachtungsperiode sind im bild 2 zu sehen.

Die angewandte Bewertungsmetodik der Eiserscheinungen ermöglicht, das Eisregime im Bezug auf den Termin des Antretens, des Endes und auf die Dauer zu charakterisieren und seine Relation zu den klimatischen und anderen beeinflussenden Faktoren zu analysieren.

BEOBACHTUNGPERIODE: ALLE JAHRE ВСЕ ГОДЫ ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ:

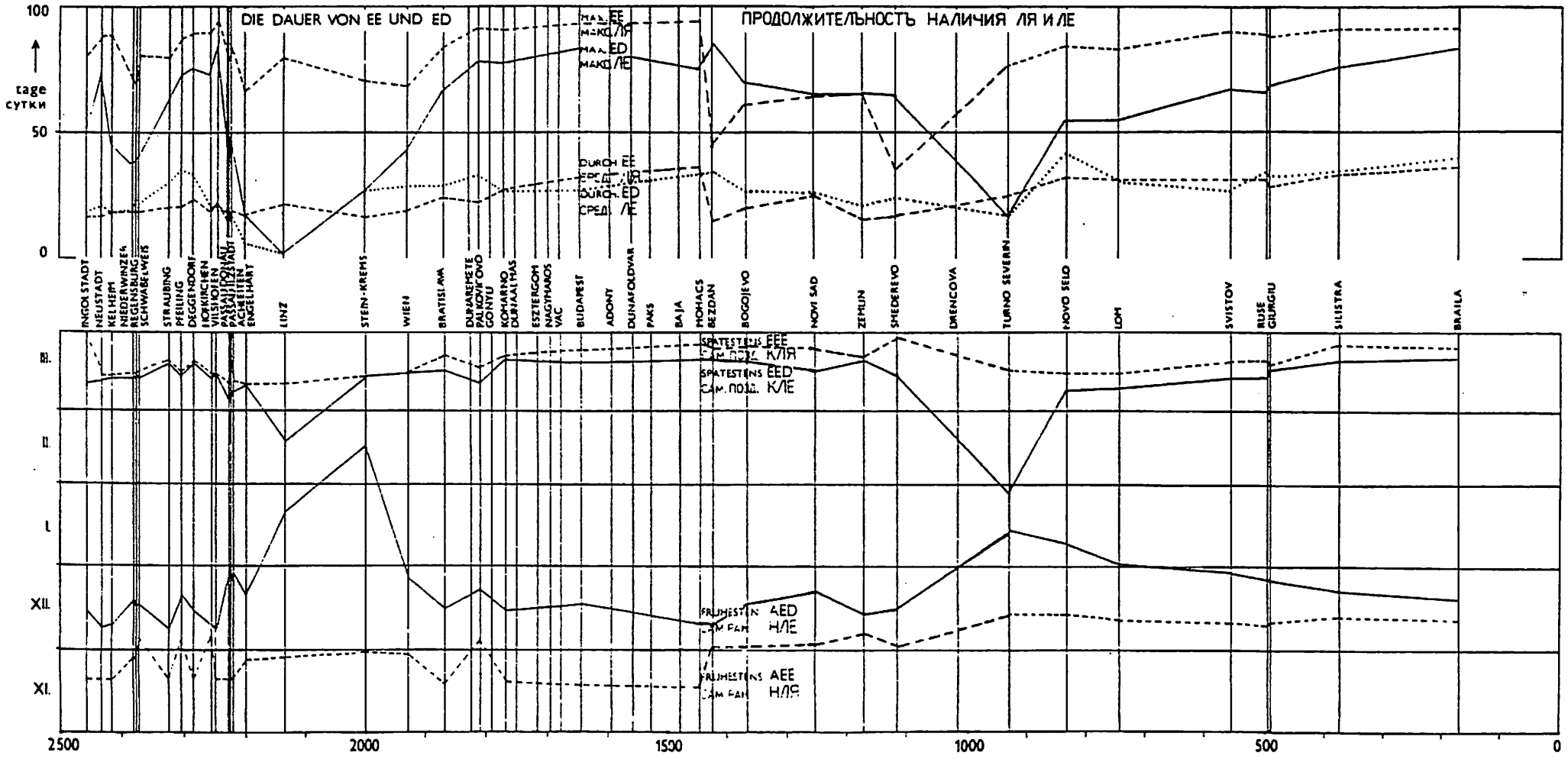


Abb.2.Das Eisregime der Donau.Die Dauer von EE und ED.

Рис.2.Ледовый режим реки Дунай.Продолжительность наличия ЛЯ и ЛЕ

Literaturverzeichnis

(1) Bayer.Landesamt für Wasserwirtschaft: Projekt nr.2 "Temperatur und Eisregime der Donau und ihrer wichtigsten Zubringer". I.Teil. München, sept. 1989. II.Teil, München, april 1990.

(2) Technische Universitet Wien: "Temperatur- und Eisregime der Donau und ihrer wichtigeren Zubringer". Österreichischer Beitrag. Wien, sept.1989.

(3) Forschungsanstalt für Wasserwirtschaft: "Temperatur- und Eisregime der Donau und ihrer wichtigsten Zubringer". I.Teil, Bratislava, dec.1989. II.Teil, Bratislava, juni 1990.

(4) VITUKI: Projekt nr.2. "Temperatur- und Eisregime der Donau und ihrer wichtigeren Zubringer".Budapest, sept. 1989, I.Teil. und okt. 1989 II.Teil.

(5) NK IHP Bulgarien: Projekt 2: "Temperatur- und Eisregime der Donau und ihrer wichtigeren Zubringen" Sofia, febr. 1990.

(6) Institut für Meteorologie und Hydrologie: Projekt nr. 2: "Temperatur- und Eisregime der Donau und ihrer wichtigeren Zubringer". Bucharest, okt. 1990.

Anschrift des Verfassers

Alžbeta Stančíková
Forschungsanstalt für Wasserwirtschaft
nábr.arm.gen.Svobodu 5
812 49 Bratislava, CSFR

6.2

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

ВЕКОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СРОКОВ ПОЯВЛЕНИЯ ЛЬДА НА РЕКАХ

SÄKULARE SCHWANKUNGEN DER EISERSCHEINUNGEN AN FLÜSSEN

SECULAR CHANGES IN DATES OF ICE FORMATION ON RIVERS

Б.М. Гинзбург, К. Н. Полякова
B.M. Ginzburg & K.N. Poljakova

Резюме: Рассмотрены сведения о сроках появления плавучего льда на реках Европейской территории бывшего СССР и на Дунае за 1881-1990 гг. Установлено, что вековой линейный тренд этих сроков в среднем близок к тренду средней годовой температуры воздуха в соответствующей широтной зоне. На большинстве рек изменения за последние 30 лет и предстоящие 20 лет невелики, поэтому методы прогнозов остаются применимыми. На Дунае сохраняется существенная тенденция к поздним и непродолжительным ледоходам.

Kurzfassung: Der Vortrag untersucht die jährlichen Eiserscheinungen im Zeitraum von 1881 bis 1990 für die europäischen Flüsse der GUS und der Donau. Es zeigt sich ein übereinstimmender Trend der mittleren jährlichen Lufttemperatur und der Eisbildung für die einzelnen Zonen über die hundertjährige Periode. Für die Mehrheit der untersuchten Flüsse ließ sich keine erhebliche Veränderung in der Eisbildung der letzten 30 Jahre feststellen und auch die prognostizierten Daten für die kommenden 20 Jahre zeigten gleichfalls keine starken Änderung. Dies führt zu dem Schluß, daß die heute angewandten Vorhersagemethoden auch künftig ihre Gültigkeit haben. Für die Donau läßt sich für die Zukunft ein verspäteter und verkürzter Eisgang prognostizieren.

Summary: The time series of floating ice formation dates on the rivers of the European part of the GUS and the Danube for the period of 1881-1990 have been examined. For the annual temperature and the ice formation a general correlation has been found between centure time of the corresponding latitude zone. The changes in ice formation dates on basic part of the rivers during the last 30 years and next 20 years are not significant and the existing forecast methods remain in force. On the Danube the floating of ice has an essential tendency to be later and shorter.

Изменения климата привлекают в последнее время все большее внимание ученых и широкой общественности. Ледовый режим рек тесно связан с режимом температуры воздуха, изменения которого выдвинуты на первый план в исследованиях климатологов /I, 3,6,7,I0 и др./.Рассмотрим как проявляется эта связь в сроках появления льда на реках Европейской территории нашей страны /5/ и на Дунае.

Наблюдения за появлением льда на реках России ведутся по единой системе и публикуются с I88I г. Их результаты обобщены /2/ по районам с однородными ежегодными отклонениями сроков от средних многолетних значений /ΔD/. Такое обобщение позволяет исключить влияние локальных факторов и мелких колебаний температуры воздуха. Всего на указанной территории было выделено 25 районов /4/. Для нашего анализа мы выбрали II опорных районов, перечисленных в табл.I.

Таблица I

Линейный тренд сроков появления льда на реках Европейской территории СССР (I88I-I988 гг.)

Номер района	Бассейн	Тренд /δD сут/год/	Квадратичное отклонение /σ сут/	Нормированный тренд $\delta D/\sigma$
2	Сев.Двина	0,05	II,5	0,004
II	Неман	0,I7	I7,5	0,0I0
I2	Верх. Днепр	0,08	I2,8	0,006
I3	Сред. Днепр	0,I3	I3,8	0,009
I6	Верх. Дон	0,I4	I3,9	0,0I0
I7	Ниж. Дон	0,I6	I2,7	0,0I3
I9	Верх. Волга	0,03	II,I	0,003
2I	Ока	0,I4	I2,I	0,0II
22	Кама, Вятка	0,06	I0,0	0,006
23	Белая	0,I3	I0,3	0,0I2
24	Ниж. Волга	0,I6	I2,4	0,0I2

Для каждого из них рассмотрены полные ряды значений ΔD за I88I-I988 гг., т.е. за I08 лет наблюдений. Эти ряды и подвергнуты статистической обработке. Для двух - Нижней Волги и Нижнего Дона, предварительно пришлось выполнить расчеты, исключающие антропогенные изменения ледового режима, связанные с регулированием стока гидроузлами. Расчеты появления льда были выполнены И.И.Солдатовой /9/ для всех лет существования последних по методу Л.Г.Шуляковского применительно к расходам и температуре воды, которые в эти годы могли бы наблюдаться при сохранении естественных условий. Эти расчеты показали, что в результате регулирования стока лед стал образовываться в низовьях Дона в среднем на 7 дней, на Нижней Волге - на 9÷I0 дней позже.

Анализ изменений сроков появления льда включал определение линейных трендов и сглаживание по полиномам второй и третьей степени.

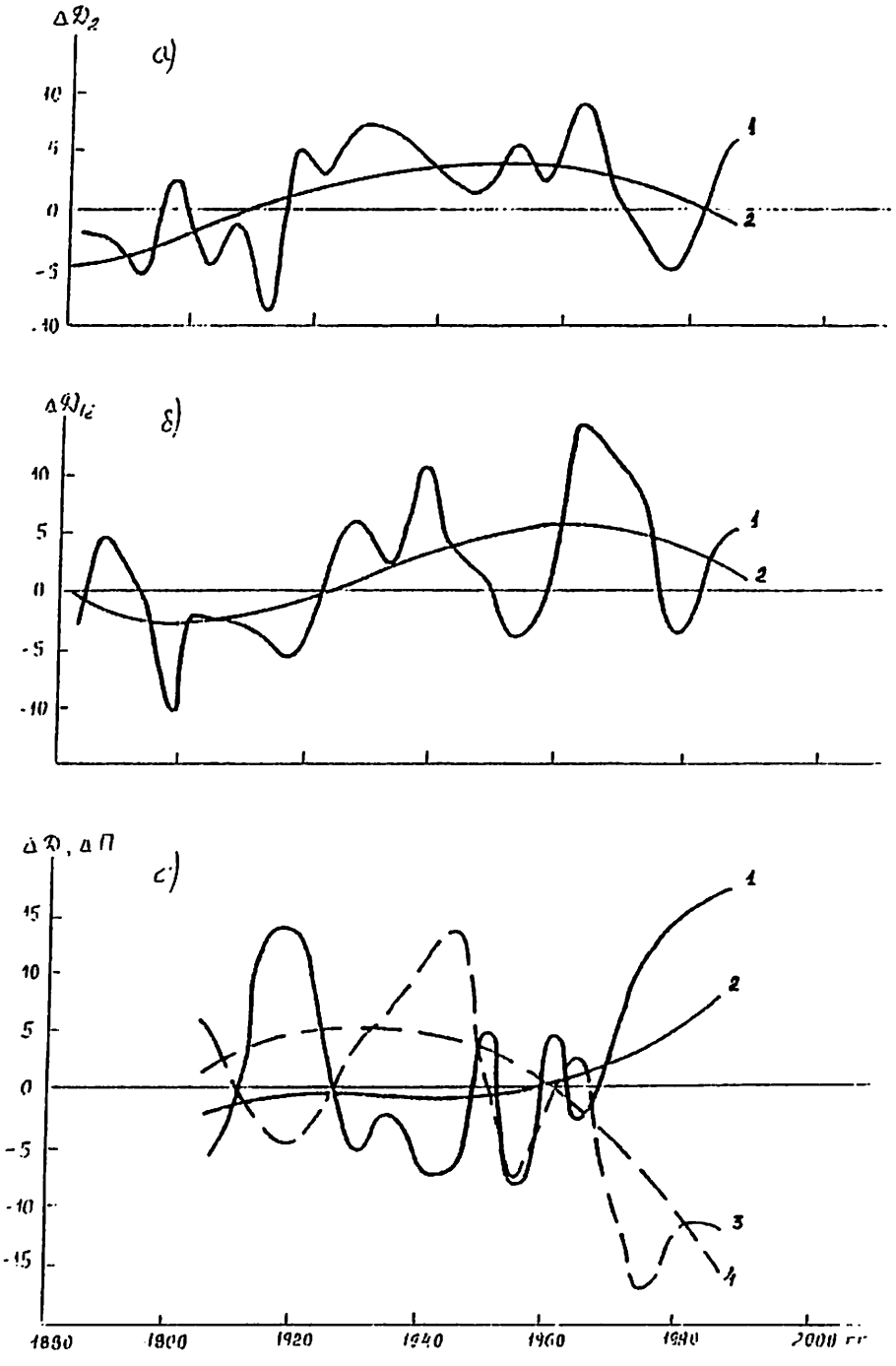
В табл.I приведены полученные значения линейного тренда

в сут за год. В ней показаны также его значения, нормированные по среднему квадратическому отклонению от нормы. $\delta\vartheta/\sigma$. Последнее, как безразмерная характеристика, может быть сравнено с соответствующими характеристиками изменений температуры воздуха. Среднее абсолютное значение тренда для всех рек составляет около 0,II сут за год, нормированное 0,008 за год. Для сравнения мы вычислили нормированный тренд средней годовой температуры воздуха Северного полушария по данным за I88I-I985 гг., приведенным в работе американских климатологов Хансена и Лебедева /I0/, составивший 0,0I2 за год. Аналогичное вычисление по данным справочного издания /7/ дает 0,0II за год, а для широтной полосы от 40 до 65° с.ш. нормированный тренд составляет 0,007. Таким образом, значения векового линейного тренда сроков появления льда и средней годовой температуры воздуха, выраженные их безразмерными нормированными значениями, близки между собой, а для температуры воздуха в той широтной зоне, где протекают рассматриваемые реки, практически совпадают.

Отсюда можно сделать общий вывод о том, что вековой сдвиг сроков появления льда на реках к поздним происходит в целом теми же темпами, что и повышение температуры воздуха, а следовательно, они определяются общими для них факторами.

Этот вывод, однако, относится к самой общей, осредненной характеристике векового тренда. Для появления льда она осреднена по всем рекам рассматриваемой территории, для температуры воздуха - и по времени (средняя годовая), и по еще большей территории полушария или его зоны умеренных широт. В то же время, как видно из табл.I, значения тренда для южных рек больше, чем для северных. Последнее, на первый взгляд, противоречит выводам всех климатологов об увеличении тренда температуры в нашем полушарии с юга на север. Следует, однако, иметь в виду, что и тренд температуры воздуха очень различен для разных сезонов и регионов. Это убедительно показано Г.В.Груза и др. /6,7/. Используя материалы этих авторов о пространственном распределении значений вековых трендов аномалии средней температуры воздуха за октябрь и ноябрь, мы определили, что для районов Северной Двины и Верхней Волги нормированные значения тренда в октябре, когда появляется лед на указанных реках, составляют всего 0,0025, а в ноябре возрастают до 0,004-0,005 для районов Верхнего Днепра, Оки, Вятки и Камы и до 0,006-0,007 для районов Среднего Днепра, Дона, низовьев Волги. Сравнивая приводимые данные с нормированными значениями векового тренда сроков появления льда на реках (табл.I), можно видеть, что общий характер распределения их по территории практически одинаков. Следовательно, и особенности распределения векового тренда сроков появления льда на реках по территории в общем согласуются с наблюдаемыми изменениями климата.

Нелинейные составляющие изменений сроков появления льда на реках выявлены, как упоминалось, с помощью сглаживания по квадратическим и кубическим полиномам. Полученные кривые представлены для районов 2 и I2 на рис. (а) и (б). Они однотипны и ход их во времени более или менее одинаков также для всех остальных рассмотренных районов. В нем характерны снижение кривой в конце прошлого века, значительный подъем в 20-30-х годах, сменяющийся более пологим повышением в течение



Вековые колебания сроков появления плавучего льда на реках: а – реки бассейна Северной Двины; в – реки бассейна Днепра; с – Дунай. 1. Наблюденные сроки; 2. Сроки, сглаженные по полиномам третьей степени; 3. Продолжительность ледовых явлений; 4. Продолжительность ледовых явлений, сглаженная по полиномам третьей степени.

последующих лет до 70-х и некоторым снижением за последнее десятилетие. Линейные тренды сроков появления льда за последние 30 лет поэтому незначительны, они в большинстве районов имеют значения, близкие к вероятной погрешности их вычисления. В то же время средняя годовая температура воздуха над Северным полушарием, несмотря на имевшие место в конце 60-х начале 70-х и в середине 80-х годов похолодания, устойчиво повышалась. Вычисленный по данным, приведенным в статье /6/, линейный ее тренд за 1957-1988 гг. был почти таким же, как за 1891-1956 гг. Близкое значение получено за 1955-1985 гг. по данным работы /10/. Таким образом, соответствие трендов сроков появления льда и средней годовой температуры воздуха Северного полушария, выявленное для векового их хода, в последние десятилетия нарушено. Причина этого состоит в снижении температуры воздуха в октябре и ноябре. По данным /6/ за 1957-1988 гг. среднее за оба месяца значение нормированного тренда равно-0,005.

К сожалению, причины такого расхождения в тенденциях изменения температуры воздуха в осенние месяцы по сравнению со средней годовой в известных нам работах климатологов не рассматривались. Это затрудняет оценку влияния ожидаемых глобальных изменений климата на сроки осенних ледовых явлений в ближайшие два десятилетия.

Тем не менее попытаемся дать такую оценку на основе приведенного в /3/ прогноза средней годовой температуры воздуха для Северного полушария. Он предусматривал повышение этой температуры по сравнению со средней многолетней за 1881-1975 гг. к 1985 г. на $0{,}28^{0}$, а к 2000г. - на $0{,}65^{0}$. Реальное повышение температуры воздуха за истекший 15-летний период[x] составило $0{,}12^{0}$, т.е. потепление шло медленнее ожидаемого. Переходя к нормированному тренду, его можно определить за этот период величиной 0,026. Имея в виду, что вековой нормированный тренд сроков начала осенних ледовых явлений составляет 0,67 от нормированного тренда средней годовой температуры воздуха на Северном полушарии, получаем его значение равным 0,017. Соответственно при среднем значении $\sigma = 12$ сут среднее упоздненне сроков должно быть равно трем дням. Фактически средние сроки появления льда за 1981-1989 гг. были на 2 дня позже средних за 1881-1970 гг.

Сопоставимость результатов оценки изменений за прошедшие 15 лет позволяет оценить изменения на последующий период той же продолжительности. Повышение средней годовой температуры воздуха на полушарии ожидается за этот период на $0{,}37^{0}$, чему соответствует редуцированное, как показано выше, значение нормированного тренда сроков появления льда на реках 0,024. Средние сроки начала ледообразования в десятилетии 1996-2005 гг. должны, следовательно, стать позднее, чем в истекшем на четыре дня, т.е. на шесть дней позже средних многолетних. Отметим, что примерно такое же среднее отклонение от нормы

---

[x] Средние многолетние значения температуры в /3/ рассматриваются как соответствующие 1970 году, а годовые - сглаженные по десятилетиям

было отмечено в десятилетии 1966-1975 гг.
Не настаивая на достоверности полученных численных результатов, можно все же считать допустимым применение методов долгосрочных ледовых прогнозов, разработанных на основе данных за 1957-1988 гг., по крайней мере до начала будущего века.
С тех же позиций мы по данным за 1901-1990 гг. рассмотрели изменения ледового режима Дуная. Его специфика состоит в том, что ледовые явления здесь возникают не ежегодно. Поэтому для подсчета тренда мы принимали сроки появления льда в годы без ледовых явлений позже самых поздних наблюдавшихся, т.е. 25 февраля. По четырем участкам реки /8/ были построены графики хода сроков появления льда и продолжительности ледовых явлений за указанный 90-летний период (со сглаживанием по десятилетиям). На рис. (с) приведен такой график для значений, осредненных за каждый год по всей реке. Далее были вычислены соответствующие значения линейного тренда, составившие для сроков появления льда на отдельных участках от 0,12 до 0,19 сут/год и для продолжительности ледовых явлений от 0,16 до 0,28 сут/год. Соответствующие средние значения для всей реки 0,17 и 0,18 сут/год, а нормированные тренды 0,007 и 0,008. Они по абсолютным значениям близки к приведенным выше для рек юга и запада нашей страны, а по нормированным не отличаются от средних значений трендов сроков появления льда на реках всей ее Европейской территории и средней годовой температуры воздуха в зоне 40-60° с.ш.
Существенные отличия выявились при сглаживании по полиномам третьей степени. Полученные кривые для всех участков схожи с показанным на рис. (с) для средних значений. Упозднение сроков появления льда и уменьшение продолжительности ледовых явлений в последние 2-3 десятилетия не ослабли как на других реках, а наоборот, усилились.
Рассматривая аналогично вышеизложенному изменения за период 1970-1985 гг., мы убедились, что сроки появления льда стали в среднем позже на 13 дней, а продолжительность ледовых явлений сократилась на большинстве участков на 5-8 сут и лишь за счет ее некоторого увеличения на верхнем участке среднее уменьшение ее составило всего 4 сут. Эти изменения соответствуют нормированным трендам 0,035 и 0,011, т.е. заметно превосходят приведенные выше значения вековых трендов, но близки в среднем к значению тренда средней годовой температуры воздуха на Северном полушарии за тот же период (0,026).
Применив аналогично расчету для других рек прогноз температуры воздуха на полушарии из /3/ с редукцией на фактическое ее изменение за истекшие 15 лет и на соотношение вековых трендов этой температуры, сроков появления льда и продолжительности ледохода на Дунае, получаем на период 1995-2005 гг. средний срок появления льда 10 февраля и среднюю продолжительность ледовых явлений около 5 дней.
Такой малой средней продолжительности ледохода соответствуют примерно 3-4 зимы безо льда и еще 4-5 зим с непродолжительным и не повсеместным ледообразованием за 10 лет. Следует, однако, предупредить, что учитывая большую изменчивость продолжительности и сроков начала ледовых явлений на Дунае, в течение десятилетия и при таком мягком ледовом режиме вполне вероятна одна суровая зима с появлением льда около 10 января и средней продолжительностью ледовых явлений 36 дней. Подтверждением

этому является опыт 80-х годов. Из 10 лет в семи были теплые зимы с полным отсутствием или незначительной продолжительностью ледоходов, но в 1985 г. лед появился в начале января и удерживался от 54 дней на верхнем участке реки до 72 на нижнем.

Из сказанного ясно, что ледовые прогнозы, несмотря на смягчение климата, остаются необходимым элементом гидрологического обеспечения судоходства на Дунае.

Список литературы

/1/ Антропогенные изменения климата. Под ред. М.И.Будыко и Ю.А.Израэля. Л., Гидрометеоиздат, 1987, 406 с.

/2/ Брегман Г.Р. О методике фоновых прогнозов вскрытия рек. Труды НИУ ГУГМС, 1941, сер.4, вып.3, с.3-55.

/3/ Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. Л., Гидрометеоиздат, 1980, 351 с.

/4/ Гинзбург Б.М. Вероятностные характеристики сроков замерзания и вскрытия рек и водохранилищ Советского Союза. Л., Гидрометеоиздат, 1973, 142 с.

/5/ Гинзбург Б.М., Полякова К.Н. О вековом изменении сроков появления плавучего льда на реках. Труды Гидрометцентра СССР, 1991, вып.320.

/6/ Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. Анализ глобальных данных об изменениях приземной температуры воздуха за период инструментальных наблюдений. Метеорология и гидрология, 1989, № 1, с.22-31.

/7/ Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. Данные о структуре и изменчивости климата. Температура воздуха на уровне моря. Северное полушарие. Обнинск, 1990.

/8/ Макаревич Т.Н., Ефимова З.А. Характерные черты осенне-зимнего ледового режима р.Дунай. Труды ГГИ, 1962, вып.80, с.126-170.

/9/ Солдатова И.И. Причины изменения сроков появления льда на Нижней Волге. Метеорология и гидрология, 1992, № 2.

/10/ Hansen T., Lebedeff S. Global trends of measured surface air temperature. Journal of Geophysical Research, 1987, Vol. 92, No. 11.

Борис Гинзбург, Клавдия Полякова
Гидрометцентр
123242, Москва, Большевистская ул., 9-13

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

РАСЧЕТЫ РАСХОДОВ ВОДЫ ПРИ НАЛИЧИИ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

DIE BERECHNUNG DES ABFLUSSES BEI EISERSCHEINUNGEN

COMPUTATION OF THE DISCHARGES BY ICE PHENOMENA OCCURRENCE

Л. Мурин
L. Murin

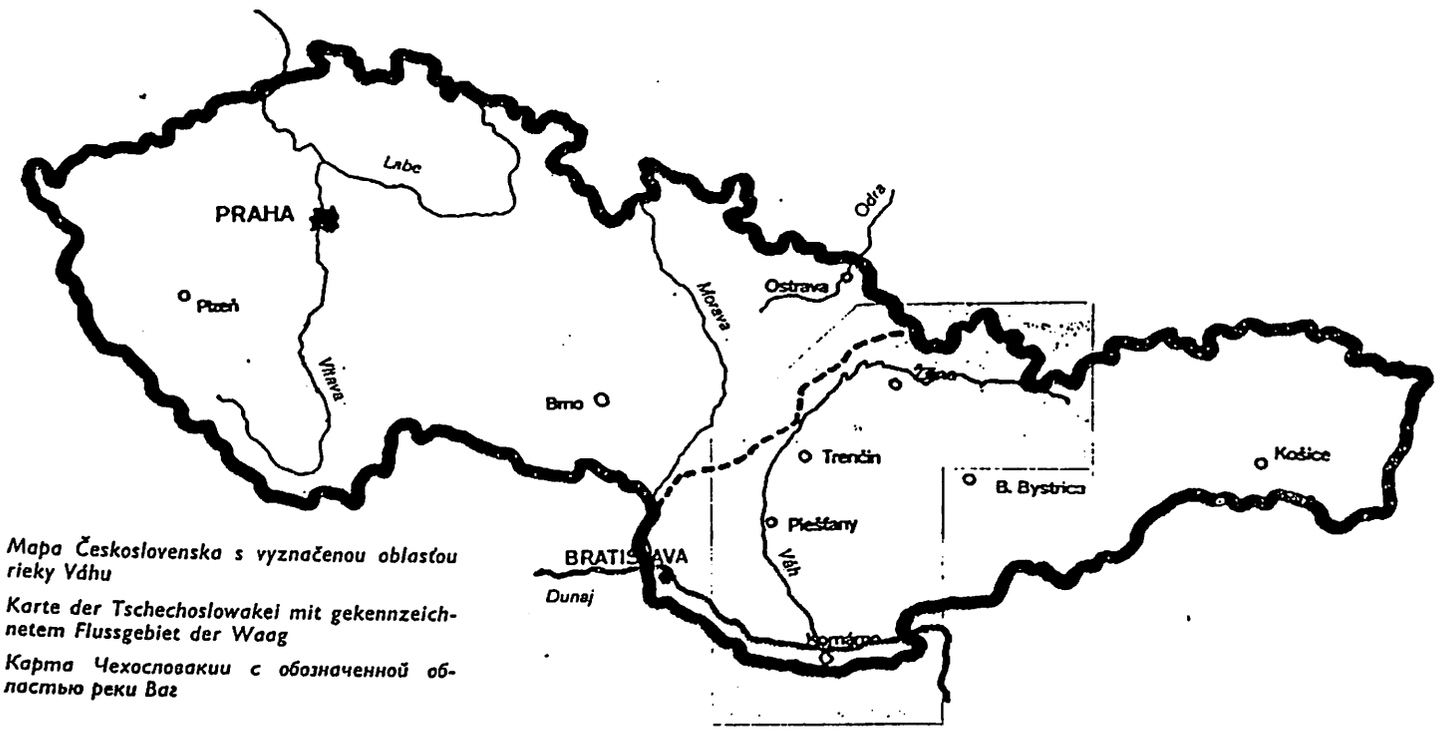
Резюме: В данной статье разбирается проблематика расчетов расхода воды во время ледовых явлений на реках. Расчет расходов воды основан на зависимости расхода и уровня воды. Эта зависимость действительна только до тех пор, пока не изменяются параметры русла. А как-раз наличие ледовых явлений меняет в большей или меньшей степени параметры русла и кривая расходов должна редуцироваться.

Kurzfassung: Der Beitrag beschäftigt sich mit der Berechnung des Abflusses in Zeiten der Eiserscheinungen in den Wasserläufen. Die Berechnung des Abflusses erfolgt auf Grund der Gegenüberstellung des Abflusses und des Wasserstandes. Diese Abhängigkeit gilt nur solange keine Änderungen der Parameter des Flußbettes erfolgen. Jedoch gerade das Vorhandensein von Eis im Flußlauf verändert die Parameter an der Meßstelle. In solchen Fällen muß die Schlüsselkurve, die die Abhängigkeit des Abflusses von den Wasserständen wiedergibt, reduziert werden.

Summary: The article deals with the problem of computing of the discharges in the period of ice phenomena occurrence. The computation is based on the interdependence of discharge and water level. This interdependence is acceptable only at constant parameters of the stream channel. But these parameters are changed in the case of the occurrence of the ice phenomena and the water level-discharge curve must be reduced.

1. Введение

Проблемы, с которыми сталкиваются гидрологи при наличии ледовых явлений на реках, имеют иной характер чем проблемы, которые возникают при экслуатации гидротехнических сооружении.
Причиняют нам трудности при расчетах расходов воды и баланса стока. Расчет расходов воды по гидрологическим постам делается на основе определенной зависимости расхода и уровня воды, то значит по кривой расхода. Определенная зависимость действительна до тех пор, пока в данном створе не меняются его параметры. Мы знаем, что именно наличие ледовых явлении в русле реки меняет в большей или меньшей степени характер створа и кривая расходов должна исправлятся.
Для иллюстрации привожу пример : река Ваг, которую по гидрологической стороне управляем, самый большой и самый водоносный приток реки Дунай в Словакии. Берет начало в Высоких и Низких Татрах. Площадь бассейна реки Ваг до слияния с рекой Дунай составляет 19 695 км^2, общая длина - 436 км и разница высот - 556 м.



Mapa Československa s vyznačenou oblasťou rieky Váhu

Karte der Tschechoslowakei mit gekennzeichnetem Flussgebiet der Waag

Карта Чехословакии с обозначенной областью реки Ваг

2. Характеристика ледовых явлении

Для характеристики ледовых явлении в гидропрогнозной службе знаем семь степеней : 0 - без льда. 1 - шуга, характеризована как плывущие на поверхности воды комья льда. Это явление еще значительно невлияет на расход воды и кривая расходов используется без изменения. 2 - шуга вместе с заберегами. Влияние на кривую расходов зависит от толщины льда и длины его влияния на живое сечение водотока. 3 - забереги. На кривую расходов обыкновенно еще неоказывают влияние. Для

точного определения уровня воды нужно убрать лед вокруг водомерной рейки. 4 - ледостав. В этом случае уже невозможно использовать кривую расходов для режима без ледовых явлении. При расчетах нужно следить за тем, напряжена или свободна поверхность воды подо льдом. Для определения уровня воды нужно лед вырубить и отсчет уровня воды произвести после успокоения поверхности воды. 5 - зажор или затор. Кривую расходов невозможно использовать. 6 - ледоход. На поверхности воды плывут льдины. Угловатой формой и структурой льдины явно отличаются от круглой формы шуги. 7 - вода течет по льду. Расход воды увеличился настолько, что он больше расхода, при котором река замерзла. Это может быть предвестием начала ледохода. В наших климатических условиях в течение зимы морозные дни чередуются с оттепелями, поэтому ледоход может наблюдаться и несколько раз в течение зимы а не только в ее конце.

3. Оценка расходов воды во время наличия ледовых явлении

Как было уже сказано, во время ледовых явлении в гидрологическом створе не возможно использовать действительную кривую расходов построенную для свободного живого сечения. Не возможно построить такую кривую, которая бы однозначно характеризовала соотношение между уровнем и расходом воды во время наличия ледовых явлении. Поэтому в этот период используются для оценки расходов воды разные методы, которые сжато привожу :

а) Построение кривой расхода для ледостава по натурным измерениям расходов воды подо льдом. В районах, где ледостав наблюдается с большой продолжительностью по времени, можно кривую построить для отдельных месяцев.

б) Оценка расходов воды с помощью хронологического графика зимних редукционных коэффициентов $K_{зим}$ /2/. Она состоит из соотношения : $K_{зим} = Q_{зим}/Q_{лет}$.

Этот расчет делается из измерений расходов воды подо льдом, или при наличии других ледовых явлений. При этом $Q_{лет}$ отсчитается из кривой расходов для свободного живого сечения при данном уровне воды. После этого построится график хода $K_{зим}$ по времени, на основе которого редуцируются расходы воды одсчитанные из кривой расходов построенной для свободного живого сечения. Этот подход трудно использовать особенно в оперативной гидрологии. Можно его использовать только при малых изменениях расходов воды а продолжительном наличии того или другого ледового явления. Естественно, никакой метод невозможно использовать при наличии ледохода, зажора или затора.

в) С помощью зависимости $K_{зим} = f(\ )$ по Ковалеву, делается интерполяция зимних коэффициентов в период между натурными измерениями расхода воды. При этом

$$\alpha = F_1/F_2,$$

где F_1 - площадь живого сечения подо льдом а F_2 - площадь живого сечения при уровне воды после высверления отверстии во льду. Зависимость $K_{зим} = f(\ )$ является параболой с предельными условиями : $K_{зим} = 0$, $\alpha = 0$ и $K_{зим} = 1$, $\alpha = 1$, при этом нужно измерять толщину льда и толщину погруженного

слоя льда.
г) Следующим способом определения расходов воды во время наличия ледовых явлений является интерполяция между натурными измерениями расходов воды. Этот метод тоже невозможно использовать в оперативной гидрологии.
д) Часто, и в оперативной гидрологии, используется определение расхода воды аналогией - если знаем корреляционную связь расходов воды в створе с наличием ледовых явлении и в створе, который незамерзает.
Из приведенного описания видно, что во время наличия ледовых явлений очень трудно достоверно определить расход воды, а его мы должны использовать как входные данные для прогноза. Как мы будем решать эту проблему? Как ответ на этот вопрос мы сделали разбор наличия отдельных ледовых явлений на особенно важных гидростворах гидропрогнозной службы за последних пять лет. И за тотже самый отрезок времени мы сделали оценку точности определенных расходов воды при наличии ледовых явлений сравнением с расходами воды, определенными при балансе стока по месяцам. Об этой оценке мы поговорим в пункте 5.

4. Разбор появления ледовых явлений на гидропрогнозных створах

Воды реки Ваг используются для промышленности, сельского хозяйства и для обеспечения населения. Для этого в большой мере используется падение в деривационных каналах а меньше используется падение на водохранилищных плотинах. Этот способ вынудили природные условия. Река Ваг несет в себе много гравия, долины реки не обладают местами для постройки плотин и они густо населены. На реке Ваг построены до сих пор 19 ГЕС. Для пятерых из них, которые имеют аккумуляционную способность, естественный приток и прогноз обрабатывает наше Управление в городе Жилина ежедневно. Для этой деятельности мы имеем построенную сеть так называемых гидропрогнозных створов. В этих гидростворах мы сделали разбор появления ледовых явлений в годах с 1983 по 1987, для того чтобы мы получили картину о влиянии ледовых явлений на эти гидростворы. Из анализа мы определили, что ледовые явления самые продолжительные и с найбольшей интенсивностью появления на реках с естественным гидрологическим режимом. Появление ледовых явлений обусловлено климатическими условиями, но большое влияние оказывает термическое загрязнение по близости больших агломераций. Самая критическая ситуация, что касается влияния ледовых явлений на кривую расходов, является на притоках в Оравское водохранилище (его обьем 346 мил. $м^3$). В этом районе не существует никакой незамерзающий гидроствор, где можно было бы применить метод аналогии. В режимной обработке расходов воды мы ориентируемся только на натурные измерения расходов воды а в оперативной гидрологии ориентируемся на професиональную оценку и на зимные модули стока. Ледовые явления наблюдаются, чаще всего в январе и в феврале, но не исключено появление и в ноябре, в декабре и в марте. Самый большой экстрем возник на притоке в Оравское водохранилище на реке Белая Орава (средняя продолжительность ледовых явлений - 87 суток а 51 суток из этого - ледостав). Самая короткая продолжительность - на гидростворе Жилина на реке Ваг, где сказывается термическое загрязнение воды и

влияние манипуляции. Здесь средняя продолжительность появления ледовых явлений за данный период наблюдений - 16 суток, из этого ледостав всего 1 сутки.

5. Оценка экспертиз зимних расходов воды в оперативной гидрологии

В ежедневной информационной сводке гидрологической информационной и прогнозной службы на реке Ваг существует такая практика, что во время появления ледовых явлений, когда невозможно использовать кривую расходов - расходы не приводим. Однако наша обязанность - это дать прогноз суточного объема притока воды в соответствующее водохралинище. Поэтому мы вынуждены этот расход воды как-нибудь определить. Делаем это, как было уже упомянуто, профессиональной оценкой. Исходим, прежде всего, из измеренного уровня воды, познания створа водомерного поста при определенном уровне воды и вида ледового явления. Дальше исходим из общей гидрометеорологической ситуации, ситуации с предыдущих суток и долголетнего опыта работника, который составляет прогноз. Для этой цели мы опять сделали анализ 5-летнего ряда наблюдений (1983-1987). Здесь мы сравнивали профессиональную оценку с данными, которые мы позже определили на основе обработки гидрологического материала по месяцам. Из результатов следует, что расходы воды во время ледовых явлений в оперативной гидрологии для нужд гидропрогноза мы приводим в среднем на 14% ниже, чем выходят после режимной обработки. При оценке средних отклонений надо отдать себе отчет в том, что во время ледовых явлений величина расходов воды приближается к минимальным расходам а значит абсолютное отклонение невелико. Как пример можно привести отклонение в декабре 1983 года на гидростворе Кисуцке Нове Место. Отклонение достигло величину 72%, но его абсолютное значение было всего 0.9 $м^3$/сек. Это малая величина, но за сутки представляет уже 78 000 $м^3$ воды. Сознавая эти неточности, мы вынуждены все время искать пути для определения расходов воды во время ледовых явлений на реках еще точнее.

6. Список литературы

/1/ Návod pre pozorovanie vodných stavov na povrchových tokoch a pokyny pre pozorovateľa. HMÚ Praha, 1971

/2/Большакова, В. В., Иванов, А. Н. Сборник задач по гидрометрии, инжинерной гидрологии и регулировки стока. Высшая школа, Москва, 1975

Адрес автора

Ľudvík Murín
Slovenský hydrometeorologický ústav
Hydrologické stredisko
Čapajevova ul.
010 00 Žilina

6.4

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ЛЕДОВЫХ ПРОГНОЗОВ, ОСНОВАННЫХ НА СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЯХ

С.В.Шаночкин, В.А.Бузин

Резюме

Надежность предсказания характеристик ледовых явлений может быть повышена путем комплексирования - статистической оптимизации прогнозов, составленных по имеющимся методикам. Повышению устойчивости прогностических решений способствует также отбор аргументов расчетных зависимостей на базе привлечения данных моделирования выборки независимых прогнозов.

ERHÖHUNG DER ZUVERLÄSSIGKEIT UND DIE BEWERTUNG DER GENAUIGKEIT BEI DER VORHERSAGE VON EISERSCHEINUNGEN AUFGRUND VON STATISTISCHEN ZUSAMMENHÄNGEN

Kurzfassung: Die Zuverlässigkeit der Vorhersage der Charakteristiken der Eisenscheinungen kann man auf dem Wege der Gesamtheit - statistischer Optimierung der Prognosen, auf vorhanden Methodiken machen. Die Standfestigkeit prognostischer Lösungen wird auch bei der Auswahl der Argumente rechnerischer Abhängigkeiten auf der Grundlage des Materials der Modellierung der Reihe selbständigen Prognosen gesteigert.

INCREASE OF RELIABILITY AND ASSESSMENT OF ACCURACY OF ICE EVENTS FORECASTS BASED ON STATISTICAL DEPENDENCES

Summary: Reliability of ice events forecasting characteristics may be higher if a multi-purpose statistical optimization of the forecasts is applied on the basis of available methodologies. A selection of arguments of design dependences also contributes to a greater stability of prognostic solutions on the basis of data on the modeling of independent forecasts sampling.

В оперативной практике встречаются ситуации, когда прогнозист сталкивается с необходимостью принятия решения в условиях наличия нескольких методик прогнозов того или иного элемента ледового режима. Чаще всего предпочтение отдается методике, имеющей лучшую оправдываемость на независимом материале. При этом теряется часть полезной информации, заложенной в других методиках.

Для сохранения информации о прогнозируемой характеристике ледового явления можно использовать способ комплексирования - статистической оптимизации прогнозов, составленных по всем имеющимся методикам. Комплексирование выполняется по формуле

$$y_0 = a_0 + a_1 y_1 + a_2 y_2 + \ldots + a_k y_k \quad , \qquad (1)$$

где y_0 - оптимальное прогностическое значение, $y_1, \ldots, y_k$ - прогностические значения, полученные по k индивидуальным методикам.

В варианте линейной задачи для вычисления погрешности прогноза по формуле (I) справедливо выражение

$$S_0 = \sqrt{|D|_k / |D_{11}|_k} \cdot \sigma_y \quad , \qquad (2)$$

где $|D|_k$ и $|D_{11}|_k$ - определитель и его минор, получаемый путем вычеркивания первой строки и первого столбца парных коэффициентов корреляции (r) между значениями y и y_k, σ_y - среднее квадратическое отклонение значений предиктанта от нормы ($\bar{y}$).

Основным препятствием реализации способа комплексирования прогнозов по формуле (I) является отсутствие представительных выборок из независимых прогнозов. В рамках методик, где прогностические рекомендации даются в виде уравнений множественной линейной регрессии, задача удлинения ряда независимых прогнозов может быть решена в процессе вычисления так называемого коэффициента прогностической информативности / 5 /

$$КПИ = \sum_{i=1}^{M} (y_i - \bar{y})(\hat{y}_i - \bar{\hat{y}}) \Big/ \sqrt{\sum_{i=1}^{M} (y_i - \bar{y})^2 \cdot \sum_{i=1}^{M} (\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2} \quad , \qquad (3)$$

где y_i - фактическое значение характеристики ледового явления, $\hat{y}_i$ - значение, спрогнозированное по следующей схеме.

Пусть имеется набор тест-предикторов и предиктант

$$\begin{array}{cccc} x_{11} & x_{12} & \ldots & x_{1N} \quad y_1 \\ x_{21} & x_{22} & \ldots & x_{2N} \quad y_2 \\ x_{M1} & x_{M2} & \ldots & x_{MN} \quad y_M \end{array} ,$$

где N - число предикторов, M - число наблюдений. Выделив первые $M1$ наблюдений в независимую группу, по оставшимся $M-M1$ наблюдениям устанавливают уравнение регрессии.

При подстановке в уравнение предикторов из независимой группы вычисляют (прогнозируют) M_1 значений предиктанта ($\hat{y}_1$, $\hat{y}_2$, ..., $\hat{y}_{m_1}$). Затем в качестве независимой группы берут следующие M_1 наблюдений, а по оставшимся $M-M_1$ строят новое уравнение регрессии и по нему дают прогноз не вошедших в обучающую выборку значений предиктанта. Процедуру продолжают до тех пор, пока не осуществится полный перебор. В итоге будет сформирован ряд прогностических значений предиктанта ($\hat{y}_1$, $\hat{y}_2$, ..., $\hat{y}_m$). Если имеется k методик, то можно описанным выше способом получить необходимые для входа в уравнение (I) прогностические значения $\hat{y}_1$, $\hat{y}_2$, ..., $\hat{y}_k$.

Изложенная процедура статистического комплексирования была реализована при оптимизации долгосрочных прогнозов общей продолжительности ледовых явлений на р.Дунае, которые составляются в настоящее время для четырех характерных участков реки по двум методам: I) главных компонент и 2) дискриминантного анализа /4/. Прогностические уравнения содержат пять переменных. В табл. I приводятся результаты оптимизации прогнозов для участков г.Братислава – г.Будапешт и г.Корабия – г.Олтеница. Как видно из данных табл. I, погрешности прогнозов после процедуры комплексирования заметно уменьшились.

Таблица I

Результаты комплексирования прогнозов продолжительности ледовых явлений на р.Дунае

Участок	Входные данные	Средние квадратические погрешности прогнозов по индивидуальным методикам	Комплексирующие выражения	Средние квадратические погрешности после комплексирования
г.Братислава–г.Будапешт	$y, \hat{y}_1, \hat{y}_2$ $r_{y,\hat{y}_1(КПИ)} = 0{,}743$, $r_{y,\hat{y}_2(КПИ_2)} = 0{,}692$, $r_{\hat{y}_1,\hat{y}_2} = 0{,}690$	$\hat{S}_1 = 15{,}93$ $\hat{S}_2 = 17{,}18$	$\hat{y}_0 = 0.596\hat{y}_1 + 0.424\hat{y}_2 - 0.881$	$S_0 = 14{,}62$
г.Корабия–г.Олтеница	$y, \hat{y}_1, \hat{y}_2$ $r_{y,\hat{y}_1(КПИ_1)} = 0{,}747$, $r_{y,\hat{y}_2(КПИ_2)} = 0{,}919$, $r_{\hat{y}_1,\hat{y}_2} = 0{,}760$	$\hat{S}_1 = 16{,}34$ $\hat{S}_2 = 14{,}13$	$\hat{y}_0 = 0.346\hat{y}_1 + 0.661\hat{y}_2 - 0.096$	$S_0 = 13{,}22$

Ледовые явления зависят от множества факторов, поэтому при установлении уравнений для их прогноза возникает задача выбора наиболее репрезентативной совокупности предсказателей. В рамках методик, где прогностические рекомендации даются в виде уравнений множественной линейной регрессии эта задача может быть решена с помощью коэффициента прогностической информативности. КПИ обладает одним важным свойством. Если обыч-

ный коэффициент множественной корреляции с добавлением очередной переменной постоянно растет, то КПИ по достижении максимального (для данной совокупности тест-предикторов) значения начинает убывать. Таким образом, КПИ позволяет фиксировать оптимальный состав групп предикторов. Применение способа отбора предсказателей с помощью КПИ для целей прогнозов максимальных заторных уровней воды ($H_{зтр}$) показало, что при длине ряда наблюдений 35 ÷ 40 лет в прогностическую зависимость целесообразно вводить лишь два фактора: водность реки при вскрытии и мощность зажорных скоплений льда на заторном участке, показателями которых являются уровень $H_{Q_{кр}}$, соответствующий в условиях свободного русла расходу воды у верхней кромки льда, и максимальный уровень воды в начале ледостава. При этом прогностические уравнения, установленные для ряда заторных участков рек Печоры, Северной Двины, Лены и Амура (табл. 2 и 3) имеют следующий вид:

$$H_{зтр} = b_0 + b_1 H_{Q_{кр}} + b_2 H_{лдст} \qquad (4)$$

/ I, 2 /.

Таблица 2

Характеристики выбросов прогнозных значений $H_{зтр}$ за уровень допустимой погрешности

Река	Пункт	Вероятность, %		Наиболее вероятное число неудачных прогнозов, %
		единичного неоправдавшегося прогноза	серии из двух неоправдавшихся прогнозов	
Печора	Усть-Щугор	74,I	I9,2	20,4
	Усть-Кожва	63,6	23,I	I8,8
Северная Двина	Звоз	80,2	I9,0	I6,I
	Усть-Пинега	8I,5	I5,I	I7,0
Лена	Мача	75,9	I8,3	I9,6
Амур	Комсомольск	67,4	22,0	20,0
	Хабаровск	67,7	2I,3	22,6

В качестве меры точности методик обычно используют среднюю квадратическую погрешность прогнозов (S). Критериями принятия какой-либо методики к эксплуатации обычно являются оценка по отношению S/σ_y, рассчитанному по информации, заложенной в процедуру установления прогностической зависимости, и последующая проверка оправдываемости в оперативных условиях. Часто при этом имеют дело с такой ситуацией, когда методика оценивается по значению S/σ_y как хорошая, а 2 ÷ 3 года проверки на независимом материале дают неудовлетворительные результаты. Численные эксперименты по исследованию вероятностей серий неоправдавшихся прогнозов для методик предсказания максимальных заторных уровней с использованием аппарата теории выбросов временных рядов / 3 / показали, что наиболее вероят-

ной является ситуация, когда за неоправдавшимся прогнозом следует оправдавшийся, однако и серии из двух неудавшихся прогнозов имеют значимые вероятности – от 15 до 25 % (табл. 2). На основании полученных оценок можно сделать вывод, что результаты испытаний в течение 2 ÷ 3 лет – недостаточный аргумент для суждения о качестве разработанной методики прогнозов.

Учитывая изложенное можно предположить, что более содержательной, чем S/σ_y, эмпирической оценкой следует считать отношение $\hat{S}/\sigma_y$, где $\hat{S}$ – средняя квадратическая погрешность, определенная по независимому ряду наблюдений, полученному в процедуре вычисления КПИ . Значение $\hat{S}$ вычисляют по выражению

$$\hat{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{M}\left(y_i - \sum_{j=1}^{N-1} b_{ji} x_{ji} - b_{oi}\right)^2}{M - N}}, \qquad (5)$$

где b_{ji} – j – й коэффициент регрессии для i – го года, x_{ji} – значение j – го предиктанта в i – м году, b_{oi} – свободный член.

В отличие от традиционной ($P_м$) может быть найдена и новая оценка ($\hat{P}_м$) обеспеченности допустимой погрешности как отношение числа предикторов с погрешностями $\hat{\Delta}_i$, не превышающими допустимую, к общему числу прогнозов (табл. 3).

Таблица 3

Оценки оправдываемости прогнозов максимальных заторных уровней воды

Река	Пункт	$P_м$	$\hat{P}_м$	$P_{пр}$	$P_м - P_{пр}$	$\hat{P}_м - P_{пр}$
Печора	Усть-Щугор	80	77	51	29	26
	Усть-Кожва	78	69	54	24	15
Северная Двина	Усть-Пинега	87	80	50	37	30
	Звоз	84	83	43	41	40
Лена	Мача	75	73	55	20	18
Амур	Комсомольск	75	69	58	17	11
	Хабаровск	72	67	45	27	22

Наиболее универсальной оценкой надежности прогностического уравнения является величина $\hat{S}/S$.

Предлагаемые критерии качества прогностических уравнений в большей степени характеризуют устойчивость полученных решений и в определенном смысле ориентируют прогнозиста на возможное ухудшение соответствующих оценок при переходе на независимый материал.

Список литературы

/ I / Бузин В.А., Шаночкин С.В. Прогнозы максимальных заторных уровней воды рек Амура и Уссури. - Труды Гос.гидрологического ин-та, 1985, вып. 309, с. 44-52.

/ 2 / Бузин В.А., Чачина Н.С., Шаночкин С.В. Прогнозы максимальных зажорных и заторных уровней воды рек Северной и Западной Двины. - Труды Гос.гидрологического ин-та, 1986, вып.323, с. 19-27.

/ 3 / Коган Р.Л., Федорченко Е.И. О применении теории выбросов к исследованию температурных рядов. - Труды Главной геофизической обсерватории, 1970, вып. 267, с. 86-90.

/ 4 / Ляпунова И.В., Шаночкин С.В. Долгосрочный прогноз продолжительности ледовых явлений и сроков очищения р.Дуная ото льда. - В кн.: Материалы 10 - й конф. придунайских стран по гидрологическим прогнозам. Вена, 1979, с. 129-135.

/ 5 / Румянцев В.А., Русин С.А. О выборе прогностически информационных предикторов. - Труды Гос.гидрологического ин-та, 1979, вып. 259, с. 39-47.

Адрес авторов: Российская федерация, 199053, г.Санкт-Петербург, 2 - ая линия В0, дом 23, Гос.гидрологический институт, лаборатория гидрофизики, тел. 213-89-59.

6.5

DAS WASSERTEMPERATURREGIME DER DEUTSCHEN DONAU

Eckhard Deisenhofer

Kurzfassung

Im deutschen Donaueinzugsgebiet wird an 55 Meßstellen die Temperatur des fließenden Wassers gemessen. Der Jahresgang der Wassertemperatur wird von dem Wärmeaustausch zwischen Fließgewässer und Atmosphäre dominiert, die geologischen Verhältnisse der Einzugsgebiete bewirken allerdings deutliche Variationen im Temperaturverhalten der Quellflüsse. Entlang der deutschen Donau bis zur Einmündung des Inn nimmt das Temperaturjahresmittel von 8,8 auf 11,1 Grad zu. Diese Erwärmung ist vor allem auf das große Energieangebot im Sommer zurückzuführen. Im zeitlichen Trend steigt die Jahresmitteltemperatur der Donau von 1930 bis 1990 signifikant um ein Grad an. Diese anthropogen bedingte Aufwärmung erreicht während des Winters mit im Mittel etwa 2 Grad die höchsten Beträge.

WATER TEMPERATURE REGIME OF THE GERMAN DANUBE

Summary: For the investigation of the long-term water temperature behaviour 55 monitoring stations are set up in the German part of the Danube basin. The annual cycle in water temperature ist dominated by heat exchange between the atmosphere and the water in the river. Changing geological characters of the sub-catchments cause significant variations in the thermal regime of the upland headwater streams. Average annual temperatures increase along the Danube from 8.8 to 11.1 degree C. This warming takes place especially during the summer months. The temperature levels show an increase over the past 60 years of about plus one degree C. This warming is generated by the impact of man. It reaches its maximum of two degrees C during the winter months.

1. Einleitung

Das Temperaturverhalten unserer Flüsse ist von erheblicher ökologischer und ökonomischer Bedeutung /1/. Beispielsweise werden die biologischen Vorgänge im Gewässer sowohl direkt über die Wassertemperatur, als auch indirekt über die Temperaturabhängigkeit des Sauerstoffgehalts im Wasser maßgebend beeinflußt /2/. In wirtschaftlicher Hinsicht ist der Wärmehaushalt der Fließgewässer in letzter Zeit besonders im Zusammenhang mit der Nutzung von Fließwasser zur Kühlung thermischer Kraftwerke von größtem Interesse. Mit Hilfe von Wassertemperaturmessungen und Wärmehaushaltsrechnungen wurden für die großen Flüsse Wärmelastpläne erstellt, die die Möglichkeiten und Grenzen der Kühlwassernutzung aufzeigen. Demgegenüber sind Wärmehaushaltsbetrachtungen in Verbindung mit der Vereisung von Flüssen in den letzten Jahren kaum mehr angestellt worden, da im deutschen Donaugebiet seit geraumer Zeit keine Eisstauhochwasser zu verzeichnen waren.

Insgesamt fällt bei Durchsicht der Literatur auf, daß im Vergleich zu anderen hydrologischen Kenngrößen, wie z. B. dem Abfluß, die Wassertemperaturmessungen nur selten bearbeitet sind und dann vielfach nur in Einzelbeschreibungen mit nutzungsspezifischer Zielsetzung. Im folgenden wird daher versucht, die Temperaturverhältnisse des deutschen Donaugebiets im Überblick darzustellen.

2. Das Meßnetz

Wassertemperaturmessungen werden im deutschen Donaugebiet bereits seit vielen Jahrzehnten betrieben, wobei die längste durchgehend vorhandene Reihe vom Lech/Augsburg bis ins Jahr 1891 zurückgeht. Von der Donau selbst liegen Meßergebnisse einzelner weniger Meßstellen ab etwa 1930 vor, die ersten von Regensburg ab 1929. Die meisten Meßstellen wurden allerdings erst nach 1970 eingerichtet, so daß sich insgesamt ein sehr heterogenes Bild ergibt.

Die Gesamtzahl der Meßstellen im deutschen Donaugebiet beläuft sich auf derzeit 55 Stationen, davon liegen drei in Baden-Württemberg und 52 in Bayern.

Dazu kommen einige österreichische und schweizerische Meßstellen im Oberlauf des Inn.

Die Messung der Wassertemperatur erfolgt üblicherweise mit dem Schöpfthermometer. Dementsprechend liegen nur Stichproben vor. In der Regel wird seit über 50 Jahren täglich einmal am Morgen zwischen 07.00 und 08.00 Uhr gemessen. In diesem Zeitraum hat der Tagesgang der Temperatur ein Minimum. Einige in jüngster Zeit eingerichtete oder erweiterte Meßstellen wurden daher mit Widerstandsthermometern zur kontinuierlichen Temperaturerfassung ausgestattet, um den Tagesgang der Wassertemperatur, seine Veränderung im Jahresverlauf und seine Abhängigkeit vom Abfluß zu erfassen.

3. Jahresgang der Wassertemperatur

Das Temperaturverhalten eines Gewässers an einem festen Ort ist charakterisiert durch den Jahresgang, also den zeitlichen Verlauf der Mittel- und Extremwerte sowie die Zeitpunkte des Auftretens der Maxima und Minima. Im gewässerkundlichen Dienst Bayerns werden seit Meßbeginn die Tageswerte der Einzeljahre durch die sog. Wassertemperaturhauptzahlen zusammengefaßt. Das sind für jeden Monat, das hydrologische Jahr und die hydrologischen

Halbjahre drei Zahlenwerte, nämlich Mitteltemperatur sowie die jeweiligen Höchst- und Niedrigstwerte.

Eine zusammenfassende Darstellung der einzelnen Monatsmittelwerte der Wassertemperatur in Passau-Kachlet für die Jahresreihe 1933/1990 findet sich in Abb. 1. Aus der Abbildung ist u. a. zu erkennen, daß die Monatsmitteltemperaturen zwischen den Einzeljahren vor allem im Sommer erheblich schwanken (das Monatsmittel im Juli liegt zwischen 15 und 22 Grad C), während Herbst und Winter ausgeglichenere Verhältnisse aufweisen (Novembermittel schwankt zwischen 4 und 8 Grad C).

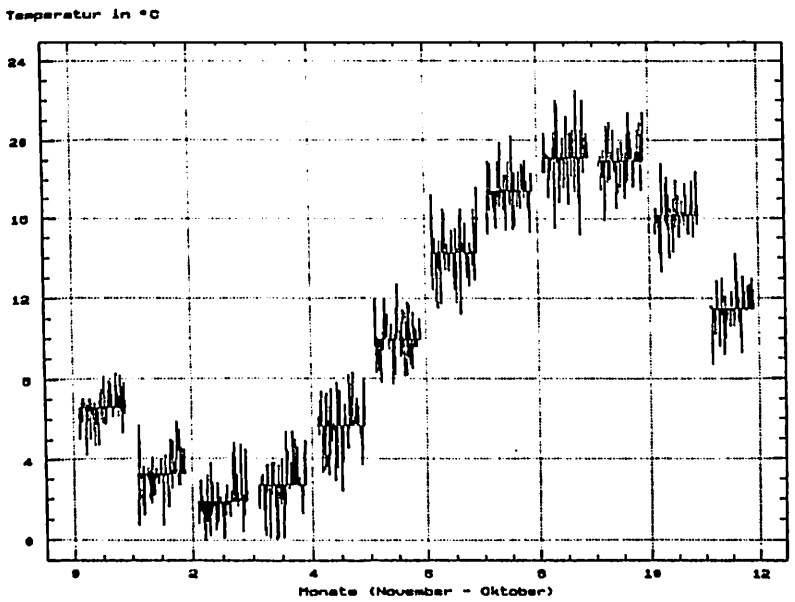


Abb. 1
Wassertemperatur der Donau am Pegel Kachlet; Jahresgang mit monatlichen Schwankungen
Jahresreihe 1933 - 1990

Fig. 1
Water temperature of river Danube near Kachlet; annual cycle with monthly variations
Period 1933 - 1990

Die Unterschiede der mittleren Jahresgänge der Wassertemperatur im deutschen Donaugebiet sind in Abb. 2 durch die Meßwerte von Isar/Lenggries, Waldnaab/Windisch Eschenbach und Donau/Kachlet repräsentiert.

Der mit einer Jahresschwankung von nur 8 Grad C sehr ausgeglichene Temperaturverlauf der Isar bei Lenggries ist typisch für die südbayerischen Quellflüsse. Die vergleichsweise niedrigen Temperaturen sind sicherlich der Höhenlage des Einzugsgebietes zuzuschreiben, während die Ausgeglichenheit wohl von dem hohen Grundwasseranteil im Abfluß herrührt.

Die im Urgestein des Oberpfälzer Waldes entspringende Waldnaab mit der gegenüber der Isar hohen Jahresschwankung von 14 Grad C und den um 2 Grad C tieferen Januartemperaturen ist charakteristisch für Einzugsgebiete, die aufgrund ihrer geologischen Struktur vor allem oberflächennahe Abflüsse erzeugen.

Schon vom Abfluß her nicht vergleichbar ist die Donau bei Kachlet. Aufgrund der unterschiedlichen Quellgebiete und der langen Fließzeit ergeben sich hier erheblich kompliziertere Verhältnisse als an Isar und Waldnaab. Der Jahresgang der Temperatur wird hier vor allem durch den Wärmeaustausch mit der Atmosphäre bestimmt. Diese Tatsache zeigt sich u. a. durch die ähnlich wie bei der Lufttemperatur große Differenz von 16 Grad C zwischen wärmstem und kältestem Monatsmittel.

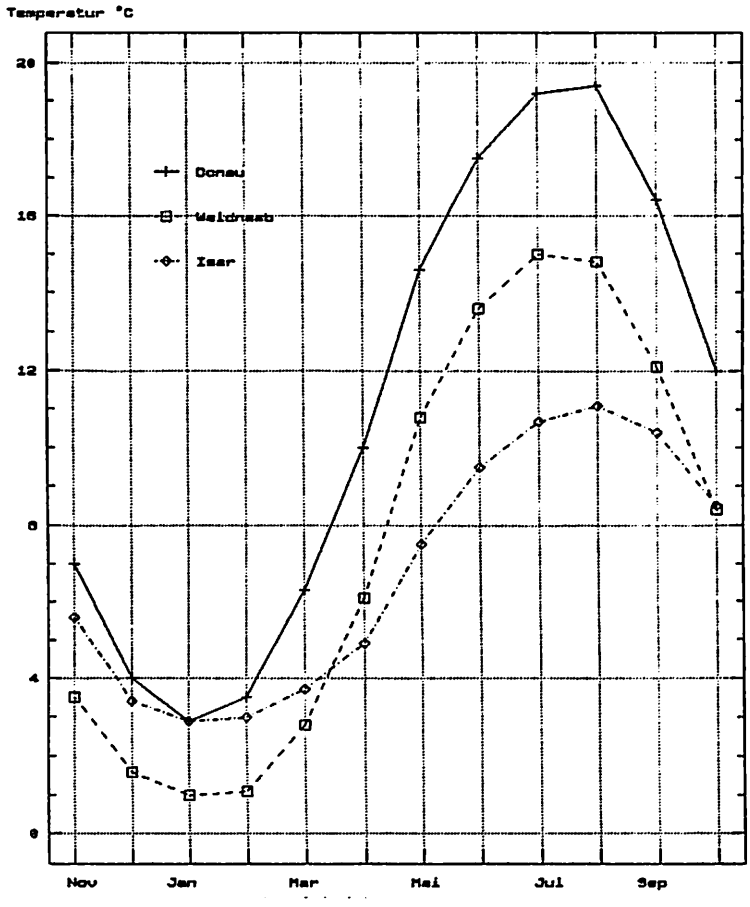


Abb. 2
Jahresgang der Wassertemperaturen von Donau (Kachlet), Isar (Lenggries) und Waldnaab (Windischeschenbach)
Jahresreihe 1974 - 1990

Fig. 2
Annual water temperature cycle of rivers Danube (Kachlet), Isar (Lenggries) und Waldnaab (Windischeschenbach)
Period 1974 - 1990

4. Temperaturverhältnisse entlang der Donau

Entsprechend einem u. a. bei Täubert /3/ gemachten Vorschlag sind die Temperaturverhältnisse entlang der deutschen Donau in Abb. 3, einem Donau-Längsschnitt, dargestellt. Die Jahresmitteltemperatur erhöht sich entlang der 330 km langen Fließstrecke von Neu-Ulm bis Passau-Kachlet von 8,8 Grad C auf 11,1 Grad C, also um 2,3 Grad C. Gleichzeitig verfünffacht sich das MQ von 125 m³/s in Neu-Ulm auf rund 640 m³/s in Passau, womit deutlich wird, daß diese Temperaturzunahme als Summeneffekt aller im gesamten Einzugsgebiet auf die Wassertemperatur einwirkenden Prozesse, allen voran der Aufwärmung durch die Sonneneinstrahlung, verstanden werden muß. Die Temperaturabnahme zwischen Passau und Jochenstein von 11,1 auf 9,8 Grad C ist auf den Zufluß des im Mittel nur 8,6 Grad C warmen Inn zurückzuführen. Bei nahezu gleich großer Wasserführung von Donau und Inn ergibt sich in Jochenstein die zu erwartende Mitteltemperatur der beiden Flüsse.

Entsprechend dem großen Energieangebot im Sommer erfolgt die Wassertemperaturzunahme mit wachsender Lauflänge vor allem in den Sommermonaten. Diese Tatsache wird durch den Temperaturlängsschnitt im August dokumentiert, der zwischen Neu-Ulm und Passau eine Aufwärmung von 4,2 Grad C ausweist. Nahezu konstant bleibt hingegen die Februartemperatur. Die meist nur geringen Schwankungen sind durch die bereits erwähnten Temperaturunterschiede der Zuflüsse bedingt. Im übrigen zeigt der nahezu isotherme Verlauf, daß der Energieaustausch zwischen Wasser und Atmosphäre im Gleichgewicht verläuft.

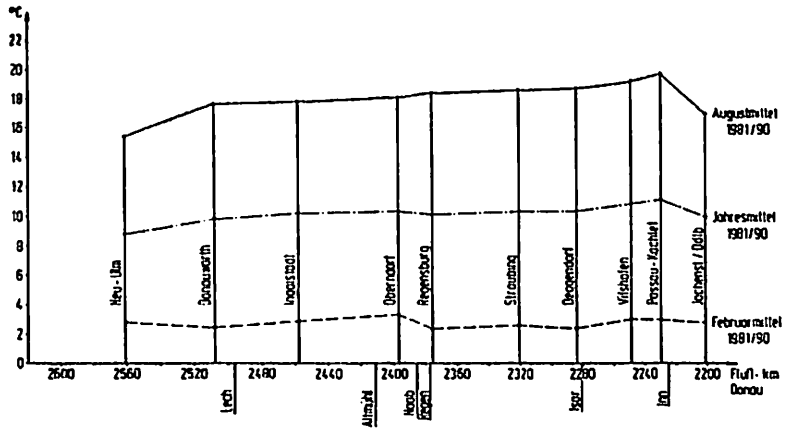


Abb. 3
Wassertemperatur der Donau. Längsschnitt von Neu-Ulm bis Jochenstein

Fig. 3
Water temperatures along the river danube

5. Zeitlicher Trend der Wassertemperatur

Der Vergleich der Jahresmittel von Luft- und Wassertemperatur für die Orte Metten und Kachlet für die Jahresreihe 1930/1990 (Abb. 4) macht zunächst deutlich, daß die Wassertemperatur um mehr als zwei Grad über der Lufttemperatur liegt. Gleichzeitig schwankt sie in ähnlichem Verlauf und Ausmaß um den Mittelwert. Im Gegensatz zu dem nahezu trendfreien Verlauf der Lufttemperatur nimmt allerdings die Wassertemperatur im Zeitraum 1930-1990 signifikant um rund ein Grad C zu.

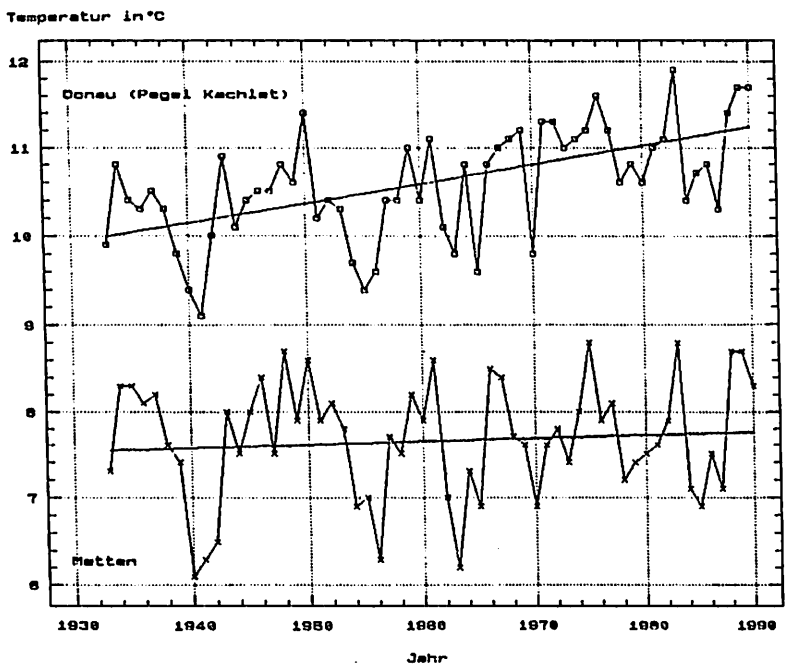


Abb. 4
Vergleich von Luft- und Wassertemperatur in Metten und an der Donau (Kachlet) mit Trend 1933 - 1990

Fig. 4
Trend through time (period 1933 - 1990); a comparison of air temperature (Metten) and of water temperature (Danube/Kachlet)

Wie Abb. 5 ausweist, leistet bei dieser Temperaturerhöhung der Sommer den geringsten Anteil. Deutlich wärmer geworden ist die Donau dagegen seit 1930 im Oktober und vor allem im Januar.

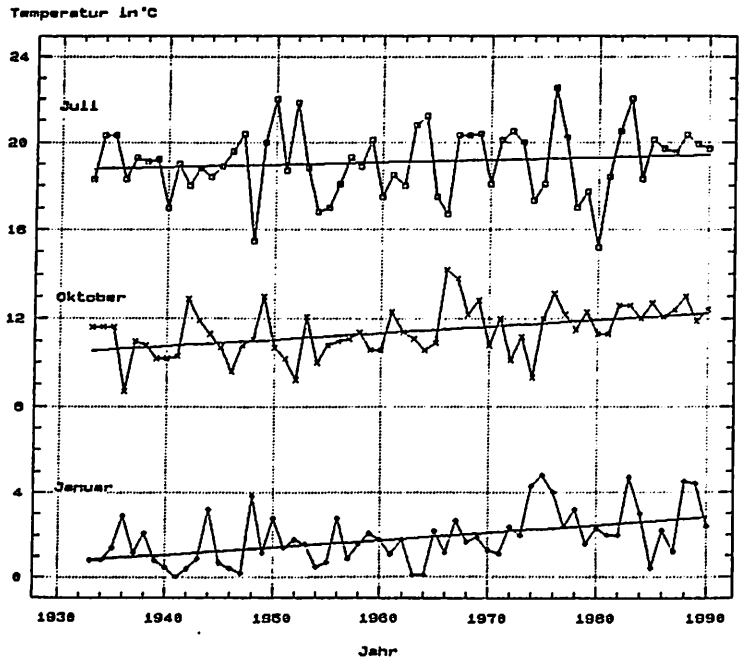


Abb. 5
Wassertemperatur der Donau (Kachlet) im Januar, Juli und Oktober mit Trend 1933 - 1990

Fig. 5
Trend through time (period 1933 - 1990) of water temperature (Danube/Kachlet) for January, July, October

Sicherlich ist darin nicht oder kaum ein Signal der prognostizierten Klimaänderung erkennbar. Vielmehr spiegelt sich in der Erwärmung die Summe der anthropogenen Einflüsse auf die Gewässertemperaturen wider. Neben dem Wärmegewinn des Wassers in Rückhaltebecken dürften vor allem die Wärmeeinleitungen über Kanalisationen und Kläranlagen, besonders aber aus dem Kühlwasser von Kraftwerken die Temperaturzunahme der Donau bewirken.

6. Literaturverzeichnis

/1/ WEBB, B.W.; WALLING, D.F.: Temporal Variation of river water Temperatures in a Devon river system. Hydrological Sciences Journal, 30/4, December 1985

/2/ HOFIUS, K.: Das Temperaturverhalten eines Fließgewässers, dargestellt am Beispiel der Elz. Freiburger Geograph. Hefte, Heft 10 (1971), S. 1 - 10

/3/ TÄUBERT, U.: Analyse der natürlichen Temperaturen von Flüssen. Das Gas- und Wasserfach, 116. Jahrgang 1975, Heft 10

Anschrift des Verfassers

Eckhard Deisenhofer
Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft
Lazarettstraße 67
D-8000 München 19

6.6

О ЛЕДОВОМ РЕЖИМЕ РЕКИ ДУНАЙ НА БОЛГАРСКОМ УЧАСТКЕ

Марин Генев, Лучиян Крыстев

Резюме

Исследование проведено на основании обстойной гидрологической информации за наличний период наблюдений. Проведен статистический анализ комплекса основных элементов, обуславливающих ледовых обстановок реки, в том числе: продолжительность, температура воздуха, скорость и направление ветра, уровень воды. Анализированы также метеорологические обстановки замерзания и размерзания реки. Установлено, что в болгарском участке р. Дунай проявление фаз ледового режима является весьма неустойчивым. Несмотря на это, могут обособиться три периода: до 1950 г., от 1951 г. до 1969 г. и после 1970 г. Тенденция изменения ледового режима указывает на постепенное уменьшение ледовых явлений за последний период.

ÜBER DAS EISREGIME DES FLUSSES DONAU IM BULGARISHEN REGION

Die Forschung ist auf Grund einer ausführlichen hydrometeorologischen Information über das vorhandene Beobachtungsperiode durchgeführt. Es ist eine statistische Analyse des Datenkomplexes durchgeführt, indem die hauptsächlichen Elemente, die die Eisbildung verursachen, wie Dauer, Lufttemperatur, Richtung und Geschwindigkeit des Windes, Wasserniveaus, vorhanden sind. Es sind die meteorologischen Bedingungen beim Einfrieren und Schmelze des Flusses analysiert. Es ist festgestellt, dass im bulgarischen Region des Flusses Donau, die Phasen des Eisregimes nicht sehr stabil sind. Unabhängig davon können drei Perioden abgesondert werden: bis 1950, ab 1951 bis 1969 und nach 1970. Die Veränderungstendenz des Eisregimes neigt zur allmählichen Abnahme der Eiserscheinungen.

ON THE ICE REGIME OF BULGARIAN LENGTH OF THE DANUBE

The investigation is carried out on the basis of detailed hydrometeorological information for the available period of observations. Statistical analysis of the complex of data, including the basic elements, determining the ice situation of the river as duration, air temperature, wind direction and velocity, water level, are made. Meteorological conditions during freezing and thawing of the river are analyzed. It is found out that in Bulgarian length of the Danube the development of the ice regime stages is unsteady. Nevertheless three periods can be set apart: up to 1950, from 1951 to 1969 and after 1970. The tendency of ice regime changes shows a gradual decrease of the ice occurrences.

I. НЕОБХОДИМОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение появления и развития ледовых явлений на болгарском участке р.Дунай, расположенном от р.Тимок (км.845) до г.Силистры (км.375), имеет большое значение для судоходства и особенно для поддерживания нормального трафика по реке в сложных осенне-зимних условиях.Этот участок, охватывающий нижнюю часть поречья, характеризуется относительно наименьшим наклоном водной поверхности и широким руслом, в котором образовывались различные по величине острова.

II. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Болгарский участок р.Дунай попадает в северный климатический район Дунайской равнины, который относится к умеренно континентальной подобласти [1]. Его средняя высота над уровнем моря около 24 м. В конце осени и зимой большая часть водосборного бассейна реки в этом участке находится под влиянием Сибирского антициклона, а иногда-под воздействием Исландского циклона с северозапада. Часто циклоны, которые перемещаются из восточной части Атлантического океана и те, которые зарождаются над Средиземноморьем, вызывают в различных районах водосбора сложные метеорологические обстановки, сопровождающиеся сильными осадками в виде дождя и снега. После прохождения этих циклонов, находящийся у него в тылу полярный холодный воздух вторгается с севера, охватывая большую часть бассейна реки и вызывает значительное понижение температур [5]. Самые низкие температуры зимой наблюдаются, когда холодный максимум из Центральной Азии распространяется на запад, а Центральная и Восточная Европа находятся под влиянием северо-восточных холодных и сухих континентальных воздушных масс. В низкие долинные части водосбора стекает и задерживается холодный воздух, который вызывает понижение температур иногда значительно ниже - 10 С. В подобной обстановке, которая является типичной зимой для болгарского участка р.Дунай, район реки покрыт туманом с ясно выраженной температурной инверсией или формируется холодная безоблачная погода. Задерживание таких условий более продольжительное время ведет к образованию льда и замерзанию реки. В конце зимы и весной наблюдаются ослабление влияния континентального антициклона над Сибирью и перемещение полярной фронтальной зоны в северном направлении.

1. Температура воздуха

Рассматриваемый участок реки имеет весьма характерный режим температуры воздуха вследствие его малой высоты над уровнем моря. Его географическое положение таково, что он открыт для холодных северо-восточных вторжений, причем Стара планина и южные горные массивы тушируют средиземноморское влияние. Это-одни из факторов, обуславливающих высокие температуры летом и низкие зимой. Постепенно с наступлением осени средняя сезонная температура чувствительно понижается, причем иногда в конце осени и начале зимы она достигает и отрицательных величин. Зима холодная, причем в этом районе наблюдаются одни из наиболее низких температур для страны. Январь является самым холодным месяцем с выраженными отрицательными температурами (табл.1), но регистрированные экстремные минимальные температуры отличаются ма-

лой продолжительностью [2].

Таблица 1

Месячные абсолютные минимальные температуры воздуха [C]

Месяц	Н.село	Лом	Оряхово	Свиштов	Русе	Силистра
XII	-21.0	-21.5	-20.6	-22.5	-19.5	-22.4
I	-25.4	-29.9	-23.1	-28.0	-27.7	-32.0
II	-25.8	-28.4	-24.9	-25.5	-26.4	-23.1

Среднее число дней со средней температурой ниже -5 С для указанных станций в декабре составляет 3.6 дней, в январе - 8.5 дней, а в феврале - 4.2 дня. Представляет интерес и изменение средних месячных абсолютных минимальных температур воздуха, данное в табл.2. В январе эти температуры самые низкие, причем не наблюдается существенных различий на отдельных станциях.

Таблица 2

Средние месячные минимальные температуры воздуха [C]

Месяц	Н.село	Лом	Оряхово	Свиштов	Русе	Силистра
XII	- 9.1	- 9.7	- 9.0	-10.3	-10.1	- 9.9
I	-13.2	-14.2	-12.5	-14.1	-14.4	-13.8
II	-11.6	-12.5	-11.2	-11.4	-12.5	-11.7

Наступление похолоданий в январе обычно связано с вторжением холодного воздуха с северо-востока и с особенностями рельефа, который создает условия образования характерных для поречья температурных инверсий и задерживания холодного воздуха у земной поверхности более продолжительное время.

2. Ветер

Режим ветра на болгарском участке р.Дунай обуславливается в известной степени орографией и направлением речной долины. Несмотря на это, с целью более детального исследования режима ветра, были также рассмотрены данные о частоте ветра с запада и северо-запада (WNW) и востока и северо-востока (ENE), которые даны в табл.3.

Таблица 3

Частота ветра по направлениям [%]

Месяц	Видин		Лом		Оряхово		Свиштов		Силистра	
	WNW	ENE	WNW	ENE	WNW	ENE	WNW	ENE	WNW	ENE
XII	43.2	29.4	46.9	33.2	40.3	29.8	20.7	36.5	26.8	21.1
I	42.8	29.9	49.7	29.8	44.1	28.9	19.9	33.3	27.5	24.5
II	46.0	26.6	49.6	31.3	43.6	31.1	21.2	35.3	21.0	26.7

Ветра западного и северо-западного направления в декабре и январе являются преобладающими по частоте в пунктах Видин, Лом и Оряхово, а в Свиштове с большей частотой проявляются ветра вос-

точного и северо-восточного направления. Для пункта Силистра можно утверждать,что частоты ветров в двух обобщенных направлениях почти выравниваются и здесь уже большей частотой преобладают ветра с юга и юго-запада. Существенное значение для ледового режима реки имеет скорость ветра (табл.4).

Таблица 4

Среднемесячная скорость ветра [m/sec]

Месяц	Н.село	Лом	Оряхово	Свиштов	Русе	Силистра
XII	1.5	1.2	2.3	1.0	2.2	2.7
I	2.1	1.8	3.0	1.3	2.1	3.0
II	2.4	1.9	3.0	1.6	2.4	3.3

Из таблицы видно,что средние скорости ветра по отдельным станциям в январе и феврале немного выше, чем в декабре.Анализ исходной информации показывает,что регистрированы и высокие скорости ветра,они касаются отдельных дней и имеют малую повторяемость. В период декабрь-январь самая тихая погода в Ново село, а самая ветренная-в Русе и Силистре [3].

III. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

Наблюдения за гидрологическим режимом реки на болгарском участке осуществляются на 20 гидрометрических станциях. Первая гидрометрическая станция открыта в г.Русе в 1878 году. На пятнадцати из указанных станциях проводятся наблюдения за уровнем воды [4]. При исследовании ледового режима реки существенное значение имеет знание изменения уровня реки осенью и зимой.
Осень обычно характеризуется выраженной фазой маловодья с минимумом в октябре, после чего в ноябре и декабре уровень начинает повышаться. Характерны также низкие уровни воды в зимние месяцы-январе и феврале.
Во время сильных похолоданий почти полностью прекращается поверхностный сток. Необходимо отметить, что осенью (X-XI) проходит 12 % стока воды реки, а зимой (XII-II) - около 23 %.

1. Температура воды

Колебание температуры воды зависит от температуры воздуха. Изменение температуры воды по сравнению с изменением температуры воздуха проявляется с известным опозданием и протекает значительно более равномерно. Из анализа собранной информации устанавливается, что самая низкая температура воды в январе и феврале. С марта температура начинает повышаться. В зимные месяцы среднемесячная температура воды у Силистры всегда ниже, чем у Ново село.

IV. ЛЕДОВОЙ РЕЖИМ

Систематическое наблюдение за ледовым режимом на болгарском участке р.Дунай проводились на 15 гидрометрических станциях с периодом наблюдения 1936-1991 гг. В настоящей работе использованы данные опорных станций Ново село, Лом, Оряхово, Свиштов,

Русе и Силистра, которые сравнительно равномерно расположены по протяжению реки. Для этих станций анализированы также и данные о температуре воздуха, скорости и направлении ветра.

На основе собранной таким образом информации отыскивалась связь между замерзанием реки и средними температурами за предшествующие два-пять дней. Установлено, что температуры воздуха начинают быстро понижаться за два-три дня до замерзания реки. Например, в январе 1942 года за два дня до замерзания реки температура воздуха в Свиштове была -14 С, в Русе -13 С и в Силистре -11 С. Можно утверждать, что подобное изменение температур при характерных замерзаниях реки в январе 1942, 1947 и 1954 гг, когда река была покрыта льдом по всему протяжению болгарского участка. Для остальных случаев, когда река замерзала частично, необходимо отметить, что существенное значение оказывала метеорологическая обстановка над районом Нижнего Дуная, которая стационировала и медленно перемещалась на запад. Для всех ледовых обстановок характерно то, что преобладающими направлениями ветра были с севера и востока, а с меньшей частотой - с запада при относительно невисоких его скоростях.

Динамика изменения ледовой обстановки по протяжению реки тесно связана с изменением уровней воды. Из анализа ежедневных уровней воды устанавливается, что за несколько дней до замерзания реки наблюдается постепенное понижение уровней воды, а иногда-их повышение. В некоторых случаях через день после замерзания реки начинается медленное понижение уровней воды, но также нередки случаи , когда уровни воды повышаются.
Для р.Дунай характерным является факт, что ледовой режим, точнее динамика этого режима, находится в тесной связи с изменением уровней воды в период, когда река замерзала. Большая ширина и глубина реки в ее среднем участке обуславливают энергию водных масс, которые вызывают в определенных ситуациях повышение ледового покрова, а в других - понижение. Этот факт подтверждают графики на рис.1 и 2, илюстрирающие изменеие уровней воды в январе 1954 года в пунктах Ново село и Русе, когда река была блокирована льдом по всей длине.

Размерзание реки исследовано на основе данных об изменении температуры воздуха за четыре дня до размерзания реки по указанным станциям. Установлено, что средние температуры за этот период изменялись от 1 С до 8 С . Несмотря на это, в значительном числе случаев температуры были между 1 С и 3 С , а а в трех-четырех случаях - от минус 1 С до минус 4 С.
Изменение температур недвусмысленно показывает, что размерзание реки обуславливается динамикой изменения уровней воды на болгарском участке. Это подтверждается графиками, данными на рис.1,2. На них видно день, в который наступили резкие изменения уровней воды, вызвавшие разрушение ледового покрова и постепенное обчищение реки от ледяных блоков.

Собранная информация о ледовом режиме р.Дунай дана в обобщенном виде в таблице 5. Из таблицы устанавливается, что максимальное число дней с наличием льда в пункте Силистра в 1954 году составляло 91 день. В этом же пункте в этот же год река была замерзшей в течение 74 дней. В 1940 году был зарегистрирован самый продолжительный ледоход - 74 дня в Ново село. Для

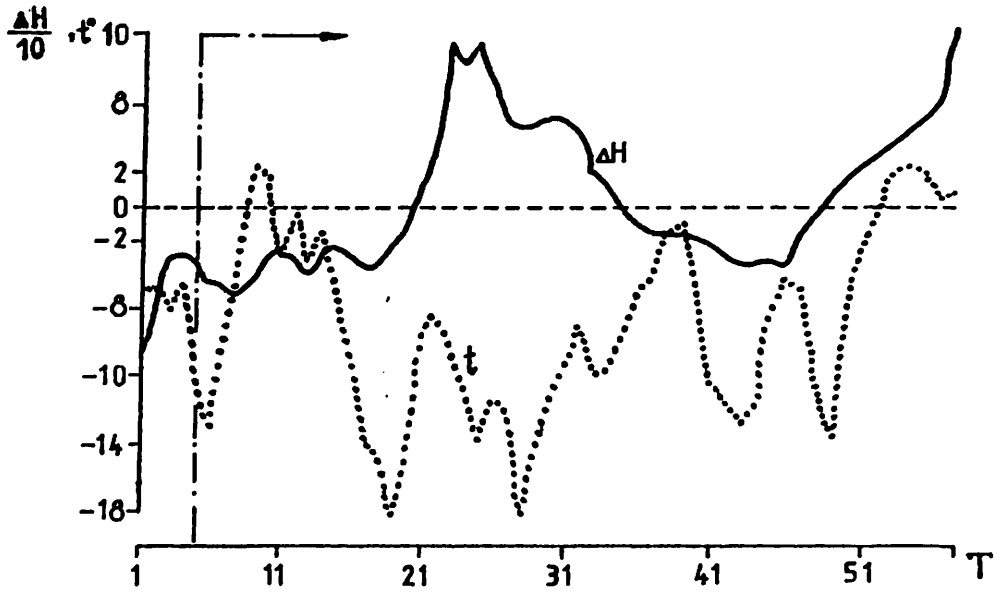


Рис.1. Изменение температуры воздуха (...) и уровня воды (——) р.Дунай в пункте Ново село в период замерзания реки – январь 1954 г.

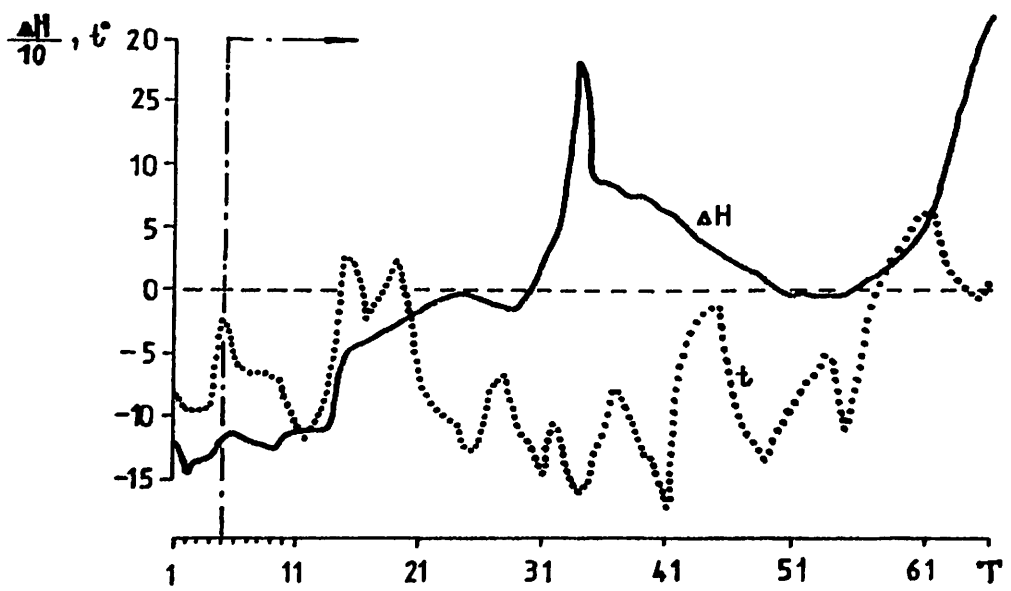


Рис.2. Изменение температуры воздуха (...) и уровня воды (——) р.Дунай в пункте Русе в период замерзание реки – январь 1954 г.

Ледовые явления в българском участке р. Дунай

Таблица 5

№	Гидрометр. станция	Расст. от Сулина [км]	Наличие льда		Замерзание		Ледоход		Год. вероятность-[%]	
			макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	Появ. льда	Замерз.
1	Ново село	833,6	84(1954)	17,1	55(1954)	2,3	74(1940)	14,8	69,1	5,4
2	Лом	743,3	83(1954)	17,8	55(1954)	3,4	45(1985)	14,4	70,9	10,9
3	Оряхово	678,0	85(1954)	18,2	53(1954)	3,7	42(1941)	14,5	72,7	12,7
4	Свиштов	554,3	90(1954)	20,2	67(1954)	5,9	47(1946)	14,3	72,7	21,8
5	Русе	495,6	89(1954)	21,2	66(1954)	7,8	40(1946)	13,3	74,5	25,4
6	Силистра	375,5	91(1954)	23,5	74(1954)	12,4	37(1963)	11,2	74,5	38,2

крайнего пункта болгарского участка (Силистра) самым продолжительным был ледоход в 1963 году-37 дней.

Годовая вероятность появление льда изменяется от 69.1 % у Ново село до 74.5 % у Силистры. Годовая вероятность замерзания реки изменяется от 5.4 % у Ново село до 38.2 % у Силистры. Можно подчеркнуть, что ледовой режим реки характеризуется большой неустойчивостью фазы ледовых явлений, иногда проявляющихся с декабря до марта. В ряде лет наблюдается только ледоход, а иногда она блокирована льдом в течение 74 дней, а в ряде лет она вообще не замерзала - рис.3, 4. На рисунках четко выделяются годы, когда река замерзала в Ново село и Силистра, а также и изменение ледовых явлений в этих же пунктах.

Необходимо отметить, что река на протяжении всего болгарского участка замерзала в январе 1942, 1947 и 1954 гг. Исключение составляет пункт Ново село,когда она замерзала также и в 1940, 1948/49 и 1950 гг.

Исследование обобщенной информации об изменеии ледового режима реки в указанный период с помощью анализа тренда показывает выраженная тенденция к уменьшению ледовых обстановок на ней. Можно заметить, что после 1950 года начинается почти ритмическое чередование от двух до четырех лет без ледовых явлений. После 1969 до 1985 гг. выделяется период, который характеризуется отсутствием ледовых обстановок. В 1985 г. река замерзала в участке Свиштов - Силистра, а в 1986 г. только в пункте Силистра. С 1987 г. до 1991 гг. на реке не наблюдаются ледовые явления.

V. ВЫВОДЫ

Для болгарского участка р.Дунай проявление фаз ледового режима весьма неустойчивое. Чаще всего ледовые явления по реке связаны с комплексом метеорологических условий, создающихся под влиянием более продолжительных обстановок регионального масштаба. В других случаях замерзание возникает в результате метеорологических обстановок, сформированных или преобладающих в нижнем течении р.Дунай. Отрицательные температуры воздуха едва ли в состоянии вызвать такое быстрое блокироване течения. Обычно замерзание реки сопровождается постепенным повышением уровней воды и быстрым наступлением ледовой обстановки.

Размерзание реки предшествует чаще всего интенсивное повышение уровней воды, что ведет к подпору речного профиля, расколу ледяного покрова и транспортированию ледяных блоков. Положительные суммы температур на болгарском участке не могут объяснить размерзание сформировавшегося в течение многих дней мощного льда.

Ледовой режим реки может быть обособлен в три периода: до 1950 г., с 1951 до 1969 гг. и после 1970 г. Наблюдается тенденция изменения ледового режима к постепенному уменьшению частоты ледовых обстановок по реке.

Объяснение этого феномена можно искать в известном изменении циркуляционного механизма в осенне - зимний сезон, что, со

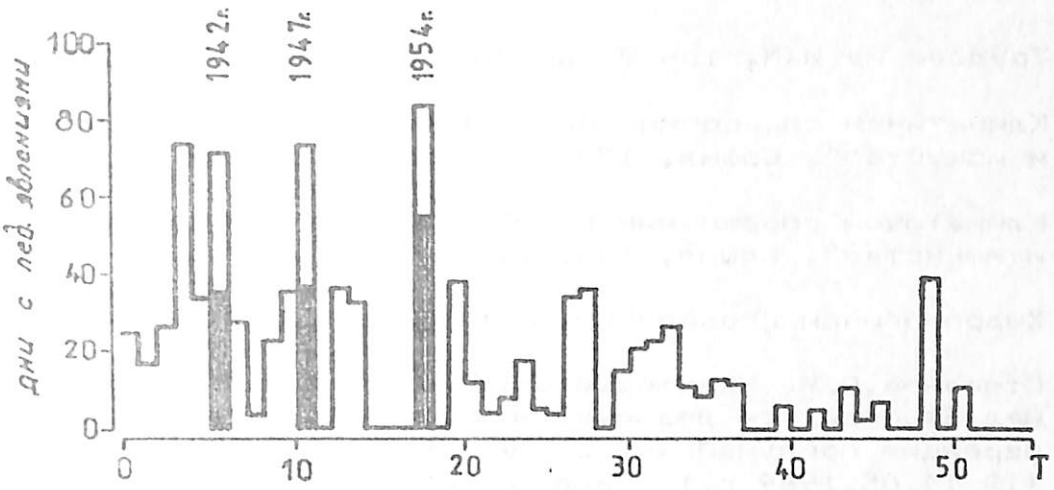


Рис.3. Продолжительность ледовых явлений (——) и замерзания (═══) р.Дунай в пункте Ново село за период 1936/37 – 1990/91 гг.

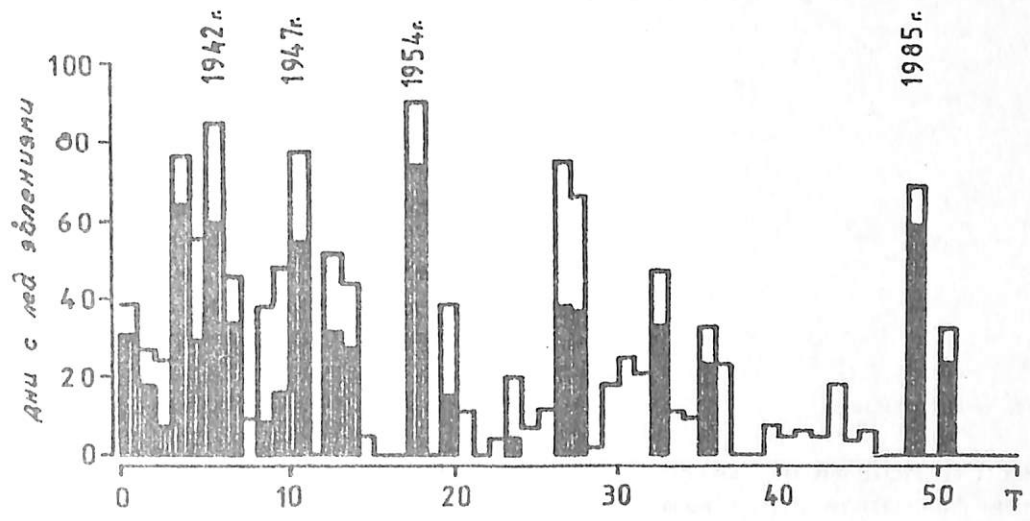


Рис.4. Продолжительность ледовых явлений (——) и замерзания (═══) р.Дунай в пункте Силистра за период 1936/37 – 1990/91 гг.

своей стороны, объясняется изменением или колебанием климата. Весьма вероятно и воздействие антропогенного фактора, связанного с баражированием по реке в верхнем и среднем течении.

VI. ЛИТЕРАТУРА

/1/ Трудове на ИХМ, том V. ДИ "Наука и изкуство", София, 1959.

/2/ Климатичен справочник за НР България, том III. Изд. "Наука и изкуство", София, 1983.

/3/ Климатичен справочник за НР България, том IV. Изд. "Наука и изкуство", София, 1982 г.

/4/ Хидрологичен справочник на р. Дунав. ДИ "Техника", 1977.

/5/ Стефанов, С.И. Некоторые особености атмосферной циркуляции над Европой при ледовых явлениях по реке Дунаю. V-ая Конференция придунайских стран по гидрологическим прогнозам (12-14.05.1969 г.), Сборник докладов, Белград, 1970.

Адрес авторов:

Марин Господинов Генев
Лучиян Николов Крыстев
Национален институт по метеорология и хидрология
бул. Младост № 1
София 1184

Themenbereich 7
Тема 7

Probleme des Feststofftransportes

Проблемы твердого стока

7.1

DAS SCHWEBSTOFF- UND GESCHIEBEREGIME DER DONAU UND IHRER WICHTIGEREN ZUBRINGER

László Rákóczi

Kurzfassung

In Rahmen der hydrologische Zusammenarbeit der Donaustaaten des Projekt bezüglich der Schwebstoff- und Geschiebeführung wurde von Ungarn koordiniert. Im unterstehenden die Hauptfolgerungen der Projekt-Abhandlung werden zusammengefaßt, unter Berücksichtigung der wichtigeren anthropogenen Wirkungen, welche zwischen 1956 und 1985 auf dem Einzugsgebiet und in Fluss selbst entstanden sind.

РЕЖИМ ВЗВЕШЕННЫХ И ВЛЕКОМЫХ НАНОСОВ РЕКИ ДУНАЙ И ЕЕ ВАЖНЕЙШИХ ПРИТОКОВ

Резюме: В рамках сотрудничества придунайских стран в области гидрологии тема режима наносов координируется венгерской стороной. В докладе приведены основные положения отчета по теме. Даются сведения о составе взвешенных, влекомых наносов и донных отложений с особым учетом антропогенных воздейсвий на реку и на ее водосбор в периоде 1956-1985 гг.

SEDIMENT REGIME OF DANUBE RIVER AND THAT OF THE IMPORTANT TRIBUTARIES

Summary: In the framework of the international hydrological co-operation of Danube countries the theme of sediment regime is co-ordinated by Hungary. The paper presents the main conclusions of the project report concerning suspended sediment and bed-load transport. Special attention is devoted to the most important anthropogen effects occurred between 1956 and 1985 on the watershed and in the river itself.

EINLEITUNG

Die Arbeitsgruppe für hydrologische Zusammenarbeit der Donaustaaten hat anläßlich ihrer 1987 in Budapest stattgefundenen Sitzung vier Themen als die aktuellsten Gegenstände der ersten vier Fortsetzungsbände der 1986 fertiggestellten Donaumonographie ausgewählt.

Der Leiter des vorliegenden Projektes nr. 1 hat anläßlich der nächsten, 1988 in Wien abgehaltenen Sitzung der Arbeitsgruppe die Fragebögen vorgelegt, welche für die Einsammlung der Schwebstoff- und Geschiebedaten der Donau und ihrer wichtigeren Zubringer entworfen worden waren. Die Fragebögen wurden diskutiert und angenommen. In demselben Jahr hat der Projektleiter die Fragebögen mit der zu ihrer Ausfüllung notwendigen Anleitung den Nationalkomitees für das IHP der Donaustaaten zugeschickt. Während 1989 und 1990 erhielt er die ausgefüllten Fragebögen zurück und konnte also darüber im Rahmen der 1991 in Straubing statgefundenen Expertensitzung Bericht erstatten. Der Vorliegende Projektbericht wurde unter Berücksichtigung der bei dieser Gelegenheit erhaltenen Vorschläge zusammengestellt.

1. CHARAKTERISIERUNG DER SCHWEBSTOFFÜHRUNG

Die Donau führt aus ihrem 871.000 km^2 großen Einzugsgebiet jährlich 25 bis 80 Mio t Schwebstoff dem Schwarzen Meer zu. Das Verhältnis der in einem beliebigen Meßquerschnitt beobachteten maximalen und minimalen jährlichen Schwebstoffracht liegt bei 5 bis 6. Der Anteil der Geschiebeführung am gesamten Feststofftransport erreicht bzw. übersteigt ide 10 % nur an der oberen Donaustrecke, sonst liegt er bei 1 %.

Die Schwebstoffracht-Längsschnitte der niederschlagsreichen Jahre 1965, 1970 und 1980 sind in Bild 1 dargestellt. An der österreichischen Donaustrecke beträgt in einem solchen Jahr die jährliche Schwebstoffracht das 1,5- bis 2fache, an der ungarischen Strecke aber sogar das 2- bis 3fache der jenigen eines Trockenjahres. Der Verlauf der Kurven der Jahre 1965 und 1970 wiest in der Umgebung der Station Nr.5 (Linz) auf den Einfluß des Inns hin. Die Gestalt der Kurve von 1980 zeigt entlang der österreichischen und ungarischen Donaustrecke ein Beispiel dafür, daß ein Ausfall des bedeutenden Feststoffnachschubs vom Inn-Einzugsgebiet und der übrigen alpinen Einzugsgebiete sich flußabwärts ganz bis zum Pegel Mohács spürbar bliebt. In den Jahren 1965 und 1970 kann die plötzliche Zunahme der Schwebstoffrachten zwischen den voneinander kaum 40 km entfert liegenden Stationen Nr. 6 und 7 allein auf die Wirkung der March zurückgeführt werden. In einem niederschlagsreichen Jahr führt dieser Fluß von seinem verhältnismäßig großen Einzugsgebiet (A_E = 27.000km^2) eine beträchtliche Schwebstoffmenge, nach dem Bild in der Größenordnung von 4 bis 5 Mio $t.a^{-1}$ oberhalb Preßburg (Bratislava) der Donau zu.

Die Datenreiche des erinnerungswürdig niederschlagsreichen Jahres 1965 ist bedauerlicherweise lückenhaft so daß in Bild die bekannte Angabe der Station Nr. 13 mit den nächsten beiden

bekannten Daten (denjenigen der Stationen Nr.10 bzw. 15) nur mit einer gestrichelten Linie verbunden werden durfte.Eine Erklärung für den außerordentlich hohen Wert der Station Nr. 15 (Lom) liegt nicht vor, da es ja unterhalb der Station Nr.13 keine bedeutenden Zubringer gibt. Es sei hierzu noch bemerkt, daß obwohl laut bulgarischer Information am Pegel Lom die höchste jährliche Schwebstoffracht 54,2 Mio $t.a^{-1}$ war, derselbe Wert sich, aus den mittleren monatlichen Schwebstoffrachten errechnet, für 69,5 Mio $t.a^{-1}$ ergibt. Das Jahr 1970 war sowohl für die Save,als auch für die Theiß und die V.Morava ein außerordentlich feststoffreiches Jahr. Es fällt hingegen auf, daß die ebenfalls beträchtliche jährliche Schwebstoffracht der Alt (Oltul) von 15,5 Mio $t.a^{-1}$ sich in diesem Jahr bei der Station Nr.16 (Svistov) nicht bemerkbar macht. Auch nimmt die Schwebstoffracht zwischen den beiden untersten Meßstationen, trotz der Schwebstoffracht von 25,8 Mio $t.a^{-1}$ des Flusses Siret, spürbar ab.

Die Kurve von 1980 weist auf die Absetzwirkung des Stauraumes der Staustufe Eisernes Tor I auch unter Hochwasserbedingungen klar hin. Die beträchtliche Zunahme der Schwebstoffracht zwischen den Stationen Nr.13 und 14 beweist, daß unterhalb der Staustufe eine bedeutende Auskolkung stattgefunden hat. Die zwischen Silistra und Vadu Oii erfolgende Ablagerung ist in wasserreichen Jahren größer, als in Trockenjahren. Die Schwebstoffracht des Flusses Siret von 14,4 Mio $t.a^{-1}$ erhöht die Schwebstofführung bedeutend an der zwischen den untersten beiden Meßstationen liegenden Donaustrecke.

Bild 2 zeigt, auf Grund der Angaben gefördert von den Mitwirkenden die während der Untersuchungsperiode 1956-1985 beobachteten maximalen, minimalen und mittleren Werte der jährlichen Schwebstoffrachten. Im Bild wurde auch die längsschnittmäßige Entwicklung der Einzugsgebietsgröße dargestellt, sowie die Mündungen der wichtigeren Zubringer, mitsamt ihren maximalen, minimalen und mittleren Schwebstoffrachten. (Die beiden Extremwerte der einzelnen Stationen sind also in denselben Jahren gemessen worden.)

Der Minimalwert der jährlichen Schwebstoffracht nimmt von Ulm bis Mohács, wahrscheinlich infolge der zahlreichen Staustufen, kaum zu. Infolge der Nebenflüsse nimmt der Minimalwert von Mohács bis Pančevo allmählich zwischen Orşova und Silistra aber bedeutend zu, worin auch die Flußbetterosion eine Rolle spielt.

Die Maximalwerte der jährlichen Schwebstoffracht nehmen bis Passau kaum zu. Der Inn erhöht, seinem Einzugsgebietsanteil entsprechend, die Schwebstoffracht an der österreichischen Donaustrecke. Entlang der ungarischen Strecke verändern sich die Maximalwerte kaum, während die Einzugsgebietsfläche allmählich zunimmt. An der ungarischen Strecke gibt es kaum Zubringer und das zusammenhängende System der Hochwasserschutzdeiche verhütet eine unmittelbare Einwaschung des Schwebstoffes in die Donau. Zwischen Bogojevo und Orşova nimmt die maximalen Schwebstoffrachten einhüllende stufenartige Kurve, mehr oder weniger den Einzugsgebietsgrößen entsprechend, zu. Zwischen den Mündungen der Flüsse Alt (Oltul) und Siret macht sich zunächst eine teil-

weise Ablagerung, sodann der Beitrag des Siret-Flusses und endlich eine weitere Ablagerung unmittelbar vor der Mündung ins Schwarze Meer bemerkbar.

2. DAS GESCHIEBEREGIME, DER DONAU

Die Anzahl der auf die Geschiebefracht bezogenen Daten ist wesentlich geringer, als der jenigen der Schwebstoffrachten, auch in den Staaten, in welchen beide Arten der Festsfofführung der Flüsse systematisch beprobt werden. Eine Ursache dafür ist, daß der Anteil des Geschiebes an der gesamten Feststofführung in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle recht gering ist. Darüber hinaus ist die Beprobung des Geschiebes bekanntlich schwieriger (während Hochwasserperioden oft sogar völlig undurchführbar), die Probenahmegeräte weisen verschiedene Konstruktionsfehler auf, die Beprobung ist infolge des streifenartigen und zeitlich periodischen Charakters des Geschiebebewegung mit großen Unsicherheiten belastet, usw.

Bauer (1965) schätzt die mittlere jährliche Geschiebefracht der Donau bei Kelheim (Fkm 2414) mit 111.000 $t.a^{-1}$ ein.Zum Vergleich, hier sind einige weitere Daten für die unterhalb Kelheim liegende Donaustrecke: Donauwörth: 13.000 $t.a^{-1}$, Ingolstadt, 94.000 $t.a^{-1}$. Straubing, 81.000 $t.a^{-1}$.

Die Geschiebeführung der österreichischen Donaustrecke wird durch Schmutterer (1960) mit folgenden Daten charakterisiert: Jochenstein, 540.000 $t.a^{-1}$, Ybbs-Persenbeug, 822.000 $t.a^{-1}$, Bad Deutsch-Altenburg, 1,080.000 $t.a^{-1}$. Rechnet man mit einem Unterhalb des etwa bei Strom-km 1810 entstehenden plötzlichen Gefällebruches nimmt die Geschiebetransportfähigkeit der Donau dermaßen ab, daß die jährlichen Geschiebefrachten im Querschnitt Nagymaros während der 30jährigen Untersuchungsperiode i.a. zwischen 6.000 und 10.000 $t.a^{-1}$ lagen, in Trockenjahren bis auf 3.000 $t.a^{-1}$ sanken und auch in den besonders feuchten Jahren kaum die 20.000 $t.a^{-1}$ erreichten. Eine mäßige Zunahme der Geschiebefrachten ist an der überwiegend in Sand gebetteten Donaustrecke in der Umbegund von Mohács zu verzeichnen, wo das Minimum bei 9.000 $t.a^{-1}$, der Mittelwert bei 15.000 $t.a^{-1}$ und der - in den beiden niederschlagsreichsten Jahren erreichte - Höchstwert bei 28.000 $t.a^{-1}$ lag (Bogárdi, 1974).

Laut rumänischen Daten wird das Geschiebe ab 1970 an den folgenden vier Meßstationen der unteren Donau gemessen:

	Minimum	Mittelwert	Maximum
	der jährlichen Geschiebefracht		
		10^3 $t.a^{-1}$	
Orşova (Turnu Severin)	-	88	209
Zimnicea	112	493	1353
Vadu Oii	54	141	358
Ceatal Izmail	17	73	279

Das dem Aufsatz von Kresser und Lászlóffy (1964) entnommene Bild 3. veranschaulicht die obere Donaustrecke, wo der Anteil des Geschiebes an der Gesamten Feststofführung nicht zu heranschläs-

sigen ist. Die oft sogar 20 % erreichenden Anteile der Abbildung charachterisieren den Zustand vor unserer Untersuchungsperiode, als noch wenige der heite bestehenden Staustufen in Betrieb waren.

3. ANTHROPOGENE EINFLÜSSE

Die menschliche Tätigkeit beeinflußt das Entstehen und die natürliche Weiterbeförderung des Feststoffes in einem bedeutenden, aber zeitlich wie räumlich veränderlichen Maße. Die anthropogenen Auswirkungen sind vor allem auf die Staustufen, auf die Flußbettbaggerungen sowie auf die Anlagen der Flußregulierung und das Hochwasserschutzes zurückzuführen. Die größte Anzahl von Staustufen wurde an den durch bedeutendes Gefälle gekennzeichneten Strecken der Donau und ihrer Zubringer erbaut, doch wurde während der Untersuchungsperiode, zwischen dem mittleren und unteren Abschnitt der Donau, auch die Staustufe Eisernes Tor I errichtet. Die Staustufen halten das ganze Geschiebe und höchstens 30 bis 40 % des Schwebstoffes zurück, bzw. bewirken die Absetzung des letzteren. An den unterhalb der Staustufen liegenden freien Flußstrecken erhöht sich zwar die Auskolkung, doch bleibt ihre Menge i.a. hinter derjenigen des abgesetzten Schwebstoffes zurück.

Die periodische Veränderung des Klimas des kontinentalen Europas, welche während der zweiten Hälfte der Untersuchungsperiode eine Reihe von Trockenjahren erzeugte, bewirkte bei 19 von den untersuchten 20 Meßstationen einen fallenden Trend der jährlichen Schwebstoffrachten. Dieser Umstand geht an sich mit einer Reihe von Vorteilen einher: das Volumen der für die Instandhaltung der Stauräume Schiffschleusen, usw. notwendigen Baggerungen nimmt ab, das für verschiedene Zwecke entnommene rohe Donauwasser kann leichter aufbereitet werden, usw. Natürlich geht diese Tendenz auch mit andauernden Niedrigwasserperioden einher, was zur Verschlechterung der Bedingungen für Schiffahrt und Wasserentnahmen führt.

4. VORSCHLÄGE

Vom Gesichtspunkt des Wassergüteschutzes wäre es von besonderem Interesse, zu untersuchen, wie die andauernde Zunahme der Anzahl der Niedrigwasserjahre den Transport der in die Donau eingeleiteten Abwässer beeinflußt, insbesondere derjenigen Elemente, welche sich an kolloidalen schwebenden Partikeln haftend bewegen und zeitweise anhäufen. Dazu wäre jedoch eine genauere und eingehendere Messung der Schwebstoffkonzentration notwendig,mit besonderer Rücksicht auf den Anteil der kolloidalen Fraktionen.

An den Grenzgewässer-Abschnitten - sowohl wo die Donau aus einem Staatsgebiet ins andere tritt als auch wo Meßstationen zweier Staaten in einanders Nähe oder gar einander gegenüber betätigt werden - wäre es äußerst wichtig,die Geräte und Methoden der Messung, Analyse und Datenverarbeitung wirksamer zu vereinheitlichen, als es bislang der Fall war.

Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen die Zubringer (Velika Morava, siret, usw.) deren Feststoffrachten auf die höchsten spezifischen Bodenverluste deuten, wobei auch die in ihren Einzugsgebieten eventuell zu treffenden kräftigeren Maßnahmen zur Verminderung der Erosion erwogen werden sollten.

LITERATURVERZEICHNIS

Bauer,F.: Der Geschiebenhaushalt der bayerischen Donau im Wandel wasserbaulicher Maßnahmen.
Die Wasserwirtschaft, Heft 4/5, 1965.

Bogárdi,J.: Sediment transport in alluvial streams.
Publ.House of Hungarian Acad.of Sc. Budapest,1974.

Kobilka,J.G., Hauck,H.H.: Feststoffhaushalt in den Stauräumen der österreichischen Donaukraftwerke Internationale Talsperrenkommission
14. Talsperrenkongress, 1982.

Kresser,W., Lászlóffy,W.: Hydrologie du Danube
La Houille Blanche, No.2. 1964.

Lászlóffy,W.: Die Donau, hydrologisch betrachtet
In: Liepolt, R.: Limnologie der Donau Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart 1967.

Schmutterer,J.: Geschiebe- und Schwebstofführung der österreichischen Donau
Wasser und Abwasser, Bd. 1961.

Anschrift des Verfassers

Dr. László Rákóczi
Forschungszentrum für
Wasserwirtschaft VITUKI
Postfach 27.
H-1453 Budapest
Ungarn

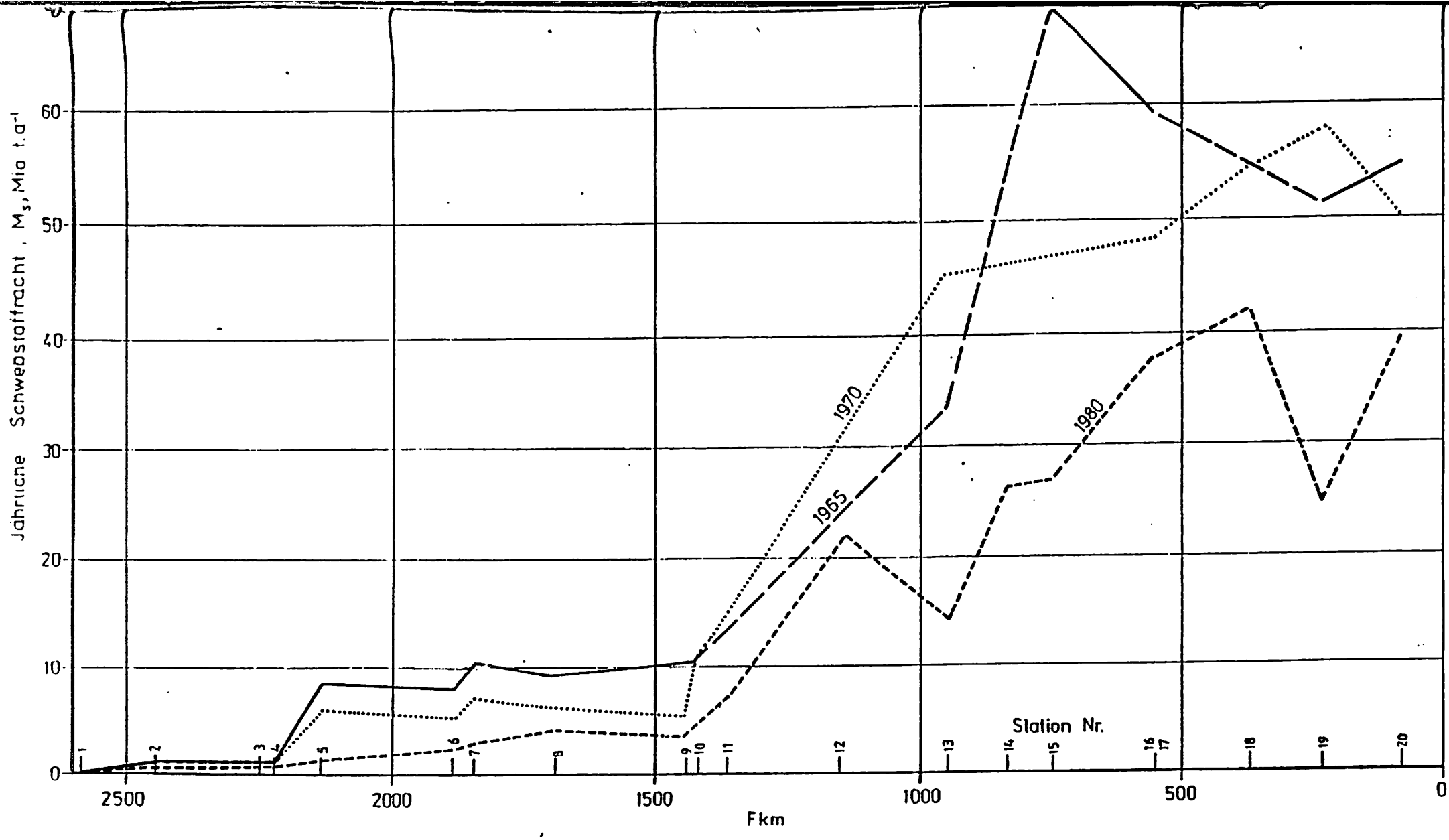


Bild 1 Längsschnittmäßige Verteilung der jährlichen Schwebstoffrachten in drei ausgewählten wasserreichen Jahren

Рис. 1 Распределение годового количества взвешенных наносов вдоль р. Духай за три многоводных лет.

Fig. 1 Distribution of annual suspended sediment masses along the Danube in three wet years

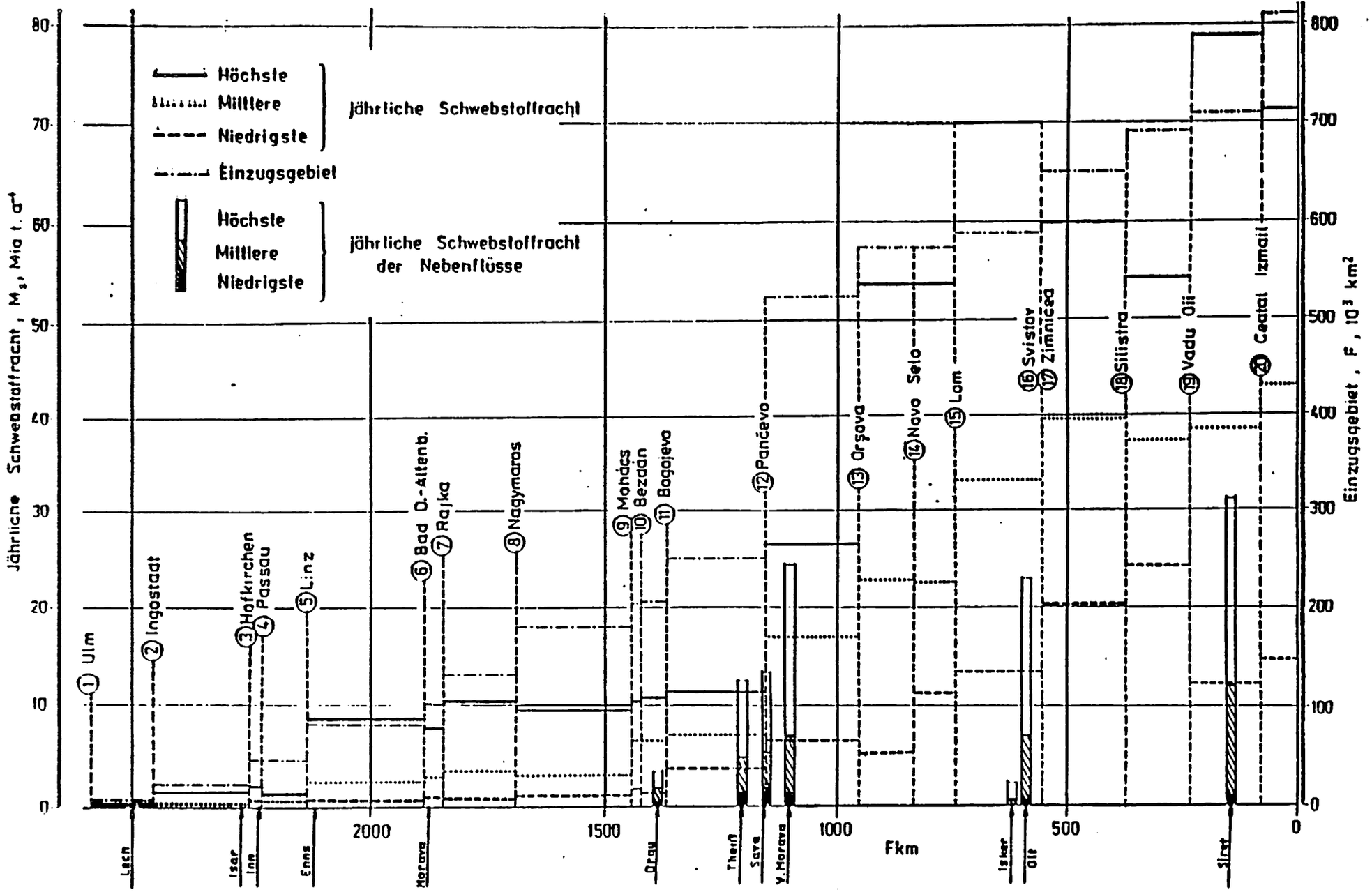


Bild 2 Längsschnittmäßige Verteilung der höchsten mittleren und niedrigsten jährlichen Schwebstoffrachten in Meßstationen

Рис. 2 Распределение минимальных, средних и максимальных годовых количеств взвешенных наносов, на основе данных 20 станций.

Fig. 2 Longitudinal distribution of maximum, mean and minimum annual suspended sediment masses based on data of 20 stations

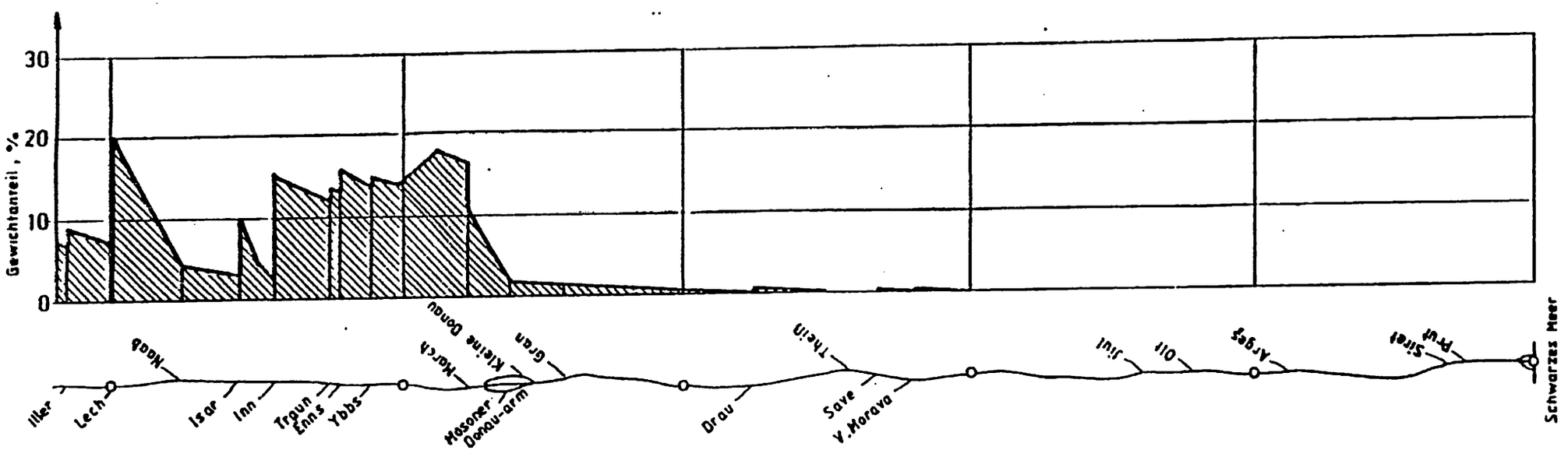


Bild 3 Anteil des Geschiebes an der Fesstoffürung der Donau vor 1960 (nach Kresser und Lászlóffy, 1964)

Рис. 3 Процентное соотношение влегкомых наносов в общем расходе наносов р. Дунай в 1960 г. (по Крессер и Ласлоффи, 1964).

Fig. 3 Percentage of bed load in total sediment load of Danube River for 1960 (after Kresser and Lászlóffy, 1964)

7.2

ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТА НАНОСОВ КРУПНОЙ РЕКИ

Ш.Р.Поздняков, Л.П.Алексеев, Л.И.Меерович, В.Ю.Поляков

Резюме

Проведены комплексные натурные наблюдения за характеристиками транспорта наносов и гидравлическими элементами крупной горной реки (р.Катунь, Алтай). Выполнено сопоставление вычисленных по ряду формул значений средней мутности потока, коэффициента Шези, вертикальных профилей скорости потока и мутности с данными измерений. Дана оценка общего стока взвешенных наносов и стока наносов по фракциям. Рассчитан сток влекомых наносов.

UNTERSUCHUNG DER KENNWERTE DES FESTSTOFFTRANSPORTS GROSSER FLÜSSE

Kurzfassung: Die mannigfaltige Feldfeststofftransportsbeobachtungen und hydraulische Elementebeobachtungen des grossen Bergflüsses (Katun Fluss, Altai-Gebirge) sind durchgeführt. Die Werte der mittleren Schwebsbelastung, Chézy-Koeffizient, Vertikalprofile der Geschwindigkeit und der Schwebsbelastung gerechneten nach einer Reihe von Formeln sind mit den Messungergebnissen vergliechen. Die Auswendung des allgemeinen Abflusses der Schwebstoffführung und der Schwerstoffführung nach den Fraktionen ist gegeben. Die Geschiebeführung ist ausgerechnet.

INVESTIGATIONS OF SEDIMENT TRANSPORT CHARACTERISTICS OF A LARGE RIVER

Summary: Multi-purpose field observations of sediment transport characteristics and of hydraulic elements of a large mountain river (Katun River, Altain Mountains) have been made. Mean values of sediments concentration, coefficient of Chézy, vertical profiles of flow velocities and sediments concentration, computed by different formulas, have been compared with the data of measurements. Total suspended sediments discharge and sediment discharge by fractions have been evaluated. Bedload discharge has been computed.

В 1966-70 гг. лабораторией наносов Государственного гидрологического института, в связи с проектированием в среднем течении реки Катуни плотины ГЭС, проводились комплексные натурные исследования транспорта наносов. Особенностью исследований явилась необходимость решения экологических задач, связанных с оценкой выноса ртути на частицах наносов.

Река Катунь – левая составляющая реки Оби – берет начало на южном склоне Катунского хребта (Алтай). Длина реки 688 км, площадь водосбора 60 900 кв.км, общее падение реки 1729 м, средний уклон – 2.5%.. Особенностью водного режима Катуни является многопиковый характер гидрографа. На изучаемом участке были выбраны 2 створа – первый (р.Катунь – с.Анос) расположен в 186 км от устья вблизи проектируемой плотины Катунской ГЭС, второй (р.Катунь – с.Иня) – в 359 км от устья выше зоны выклинивания подпора.

Методика наблюдений предусматривала измерение расходов воды и наносов, гранулометрический анализ донных и взвешенных наносов, наблюдения за уровнем воды, уклоном водной поверхности, отбор единичных проб воды на мутность. Проводились также учащенные и повторные измерения мутности воды и скорости течения на различных горизонтах. Измерения расходов воды и взвешенных наносов производились с навесных мостов при помощи гидрометрических установок, состоящих из лебедок, смонтированных на специальных тележках и оборудованных гидрометрическими вертушками и батометрами, которые устанавливались на гидрометрических грузах массой 100 кг. Гранулометрический анализ донных и взвешенных наносов проводился комбинированным способом (сита – фракционетр – пипетка, фотометрический метод /3/). Однако, в связи со спецификой задачи исследований возникла необходимость разделения по фракциям мельчайших наносов с размерами < 5 мкм. Для этого был применен метод последовательного фильтрования проб воды через мембранные ядерные фильтры с размерами пор 5, 1 и 0,5 мкм, что позволяет выделить наносы с размерами 5–1, 1–0.5 и < 0,5 мкм. Мембранные ядерные фильтры представляют собой полимерные пленки толщиной около 10 мкм с определенным диаметром пор (разброс диаметров до 20%, их получают путем бомбардировки ускоренными на циклотроне тяжелыми ионами пленочных материалов и их последующей физико-химической обработкой. После фильтрования мембранные фильтры с диаметром пор 1 и 0,5 мкм вместе с осажденными на них частицами высушиваются в холодильнике и взвешиваются, что позволяет определить массу наносов крупностью 5–1 и 1–0.5 мкм. Затем фильтры с наносами направляются на дальнейший химический анализ с целью определения содержания ртути и других веществ на частицах. Частицы, осевшие на фильтре с диаметром пор 5 мкм, смывают и далее разделяют стандартными способами /3/. Таким образом, достаточно оперативно удается выделить частицы наносов размерами менее 5 и 1 мкм, имеющие наибольшую удельную поверхность и играющие важнейшую роль в процессе переноса химических веществ.

В ходе наблюдений было получено более 50 значений расходов воды и наносов для первого створа и более 80 для второго. В таблице 1 приведены пределы изменения гидрологических характеристик за период измерений.

Таблица 1. Пределы изменения гидрологических характеристик за период измерений в 1986-1990 гг.
Table 1. Ranges for hydrological characteristics variations for the period of measurements in 1988-1990.

Створ	Средняя глубина h, м	Максимальная глубина h_{max}, м	Средняя скорость $\bar{V}$, м/с	Максимальная скорость V_{max}, м/с	Уклон ‰.	Средняя мутность измер., S_3 г/м	Расход воды, Q_3 м/с	Расход взвешен наносов P_s, кг/с
р.Катунь -с.Анос	2.0-4.6	6.0	1.0-3.1	4.0	0.5--1.0	6-800	360--2400	2-1500
р.Катунь -с.Иня	2.9-7.5	12.0	1.2-3.3	5.3	0.7-1.6	7-800	190--2300	3-1700

Для оценки стока взвешенных наносов за период наблюдений были использованы петлеобразные зависимости расходов наносов от расходов воды, а также связь между единичной мутностью и средней мутностью потока. Разница между значениями стока наносов, определенными с помощью двух способов, лежит в пределах допустимой погрешности. При определении стока наносов за период, не освещенный наблюдениями за мутностью, использовались полученные по натурным данным однозначные зависимости расхода наносов от расхода воды и расхода воды от уровня.

По данным трех лет наблюдений были выявлены связи относительного содержания отдельных фракций взвешенных наносов с расходами воды, что позволило дать оценку стока взвешенных наносов по фракциям за каждый год и отдельные периоды. Общий годовой сток взвешенных наносов за 1988-1990 гг. составил для створа р.Катунь - с.Анос 3.2, 2.9 и 2.5 млн т., соответственно, для створа р.Катунь - с.Иня - 3.0, 2.1 и 2.3 млн т.

Полученные материалы измерений позволили проанализировать некоторые связи между характеристиками транспорта наносов и гидравлическими элементами потока и сопоставить их с известными теоретическими и эмпирическими зависимостями.

Была исследована зависимость коэффициента Шези от относительной шероховатости потока (при этом характерный диаметр донных наносов (d 50) принимался постоянным для каждого створа и оказался равным 0.14 м у с.Анос и 0.24 м у с.Иня). При наличии достаточно тесной связи (коэффициент корреляции около 0.9) значения показателя степени в формуле Штриклера-Маннинга и параметров формулы Зегжды оказались существенно отличающимися от общепринятых. Методом наименьших квадратов для формулы

$$C = 1 / n \quad R^{y}, \qquad (1)$$

где n - коэффициент шероховатости, R - гидравлический радиус, получено y = 0.68 для створа у с.Анос и y = 1.05 для створа у с.Иня. Аналогично для формулы

$$C / g = a \lg R / \Delta + b , \qquad (2)$$

где Δ – высота выступов шероховатости ($\Delta = 0,5\ d50$), g – ускорение свободного падения, получено a=31.2, b=-28.0 для створа р.Катунь – с.Анос и a=21.6, b= -19.7 для створа р.Катунь – с.Иня. Средняя относительная погрешность вычисления C по указанным зависимостям составила 5 и 7%, соответственно.

По данным измерений были построены вертикальные профили скорости и выполнено их сопоставление с результатами расчетов по различным формулам. Использовались логарифмические формулы Прандтля-Кармана, Россинского и Гончарова, эллиптическая формула Карашева, степенная формула Россинского и парабола Базена /2/. Погрешности расчета по всем формулам в среднем оказались приблизительно одинаковыми и составили несколько процентов, увеличиваясь ко дну, где измеренные скорости существенно меньше, чем рассчитанные . Следует отметить, что максимум скорости достаточно часто встречался не на поверхности, а на горизонте 0,2h (приблизительно 25% эпюр на створе у с.Анос и 35% – на створе у с.Иня).

Была выполнена попытка измерения и анализа пульсаций скорости течения. С этой целью в 1989 г. проведены 2 серии измерений на 5 горизонтах репрезентативной вертикали второго створа. Период осреднения составлял 3–8 с, длина ряда – 165–200 членов. Продольные масштабы зарегистрированных вихревых образований превышали (2–6)h. В 1990 г. выполнено 6 серий измерений пульсаций на горизонте 0,6h нескольких вертикалей. Период осреднения составлял 15–60 с, длина ряда 90–220 членов. Минимальные размеры зарегистрированных вихрей – (15–30)h. По данным измерений скорости вычислялись средние значения скорости, дисперсии, автокорреляционные и спектральные функции. Проводилось также сопоставление эмпирических распределений пульсаций с известными теоретическими законами, показавшее, что при 5%-ном уровне значимости все рассмотренные законы отвергаются. В исследованном диапазоне частот (частота Найквиста составляла от 0,025 до 0,17 Гц) вид функций спектральной плотности оказался близким к "белому шуму", при этом наблюдается тенденция увеличения вклада низкочастотных колебаний в дисперсию с увеличением глубины.

По рядам измеренных скоростей вычислялись методом скользящего осреднения средние значения за 100 с, т.е. за интервал, в течение которого производится измерение скорости при стандартных наблюдениях /3/. Амплитуда колебаний полученных таким образом рядов составляет от 4% до 18% средней скорости на горизонте, увеличиваясь ко дну. По-видимому, таких пределов может достигать в наших условиях максимальная погрешность определения средней скорости, обусловленная низкочастотными колебаниями.

В 1989 г. были проведены три серии измерений мутности на поверхностном горизонте репрезентативных вертикалей створов наблюдения. Пробы отбирались через 2–5 мин., длина ряда составляла 30–50 членов. Анализ результатов показал существенную изменчивость мутности (коэффициент вариации 0,25–0,45).

По данным измерений на двух створах было получено более 200 вертикальных профилей мутности. Монотонное увеличение мутности от поверхности ко дну потока, соответствующее теоретическим представлениям, наблюдалось лишь в 40% случаев. Приблизительно 30% эпюр имеет 2 максимума, чаще всего в середине потока и у дна. Для остальных профилей характерно наличие одного максимума в слое 0.6–0.8h. Особенности вертикального распределения наносов на исследуемом участке реки обусловлены, по-видимому, тем, что движение воды здесь существенно отличается от плоскопараллельного, для которого получены теоретические формулы. Наличие крупных валунов вызывает формирование областей затенения и крупномасштабных вихрей, влияющих на профили мутности.

Полученные по данным измерений значения средней мутности потока сопоставлялись со значениями транспортирующей способности, рассчитанной по ряду формул . Анализ результатов показал, что измеренные значения наиболее тесно коррелируют с вычисленными по зависимостям И.Ф.Карасева и А.Б. Караушева /1,2/ (табл.2). Особенностью этих формул является вероятностный подход к оценке обмена наносами между потоком и руслом.

Таблица 2. Формулы для расчета транспортирующей способности потока (Sтр) и результаты сопоставления рассчитанных значений с измеренными.
Table 2. Formulas for the computation of the transporting capacity of the flow (Sтр) and the results of comparison of the computed values with observed ones.

Автор, No. формулы	Формула	р.Катунь-с.Анос r			р.Катунь-с.Иня r		
Карасев, (3)	$S_{тр}=0.240\ V_{ср}^{2}\ g^{3}\ Б\ g^{-2}\ h_{ср}^{-1}\ (0,755\ V_{ср}\ g+0.5\ U\ C)^{-1}$	0,79	0.029	54	0.85	0.140	48
Караушев (4)	$S_{тр}=S_{взм}\ Г$, $S_{взм}=0.15N\ V_{ср}^{2}\ k^{2}\ h^{-1}$	0,89	–	–	–	–	–
(5)	$S_{тр}=\ S_{взм}$	0.90	0.008	74	0.78	0,0497	42
(6)	$S_{тр}=\ V_{ср}^{3}\ C^{2}\ h^{-1}$	0.91	$2.0\ 10^{-5}$	26	0.82	$12.4\ 10^{-5}$	41

В табл.2 r – коэффициент корреляции, – эмпирический корректирующий коэффициент, – средняя относительная погрешность, рассчитанная с учетом , Vср и hср – средняя скорость и глубина на створе, k – соотношение донной и средней скорости течения, Б – соотношение донной и средней мутности, U – гидравлическая крупность наносов, N – характеристическое число турбулентного потока, Г – гидромеханический параметр, зависящий от Vср, С и гранулометрического состава наносов. Как показал анализ результатов расчетов по формуле Караушева, существует хорошая связь между средней мутностью и мутностью взмыва (Sвзм), при

этом значения гидравлического параметра Г для условий р.Катуни изменяются мало (амплитуда изменений не превышает 5%) и его без ущерба для точности можно заменить константой (формула (5). При помощи метода множественной нелинейной регрессии была получена еще одна эмпирическая формула (6), отражающая нелинейный характер зависимости между Gвзв и Gтр и наилучшим образом аппроксимирующая результаты измерений.

Были также проведены расчеты расходов влекомых наносов для верхнего створа. Расчеты проводились с использованием 14 формул различных авторов. Интерпретация результатов затрудняется отсутствием данных натурных измерений расходов влекомых наносов на исследуемом участке реки и невозможностью таких измерений с помощью существующих методов и приборов. В качестве критерия использовалось известное привлеченное соотношение между стоком влекомых и взвешенных наносов Gвл = (0,1 - 0,2)Gв. Наилучшие результаты по этому критерию для исследуемого створа дают формулы Гончарова, Позднякова и Рухадзе (2, 14, 15).

При этом годовой сток влекомых наносов за 1966-90 гг., рассчитанный по формуле Гончарова, колеблется в пределах 0,39-0,52 млн т. (что составляет 17-22% от стока взвешенных наносов соответствующих лет), по формуле Позднякова - в пределах 0,17-0,22 млн т. (8-10% от стока взвешенных наносов) и по формуле Рухадзе - в пределах 1,15-1,25 млн т. (7-8%). Поскольку указанные формулы разрабатывались для гидравлико-морфометрических условий, наблюдаемых в среднем течении р.Катуни, полученные с использованием этих зависимостей значения, по-видимому, характеризуют диапазон, в котором находятся реальные величины стока влекомых наносов.

Таким образом, в результате проделанной работы по данным натурных измерений получена достаточно полная характеристика транспорта наносов на крупной горной реке. До последнего времени ощущается недостаток в подобной информации, и данное исследование несколько его восполняет.

Список литературы

1. Карасев И.Ф. Русловые процессы при переброске стока. - Л., Гидрометеоиздат, 1975. 288с.

2. Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов. - Л. Гидрометеоиздат, 1977. 272с.

3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып.6, ч.I. - Л., Гидрометеоиздат, 1978. 280с.

4. Поздняков Ш.Ф., Меерович Л.Н. Расчет транспорта крупнофракционных наносов // Метеорология и гидрология, 1989, №7, с.85-90.

5. Рухадзе Н.В. Статистические связи между транспортом влекомых наносов и гидравлическими элементами русла горных рек // Тр. ЗакНИГМИ, 1977, вып. 43 (54), с.29-39

Адрес автора

Россия 199106 г. Санкт-Петербург, В.О., 2-ая линия, д.23, ГГИ

7.3

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

СТРУКТУРНЫЙ И БЕССТРУКТУРНЫЙ ПОДХОДЫ В ОЦЕНКЕ РАСХОДА НАНОСОВ

STRUKTURELLES UND NICHTSTRUKTURELLES VERFAHREN ZUR SCHÄTZUNG DES GESCHIEBETRANSPORTS

STRUCTURAL AND NON-STRUCTURAL APPROACHES FOR BEDLOAD DISCHARGE EVALUATION

Б.Ф. Снищенко, А.Б.Швидченко
B.F. Snischenko & A.B. Svidchenko

Резюме: В докладе анализируются достоинства и недостатки структурного и бесструктурного подходов в оценке расхода наносов; приводятся результаты расчета расхода влекомых наносов по разным формулам, которые сравниваются с результатами лабораторных и натурных измерений отечественных и зарубежных авторов; приводятся рекомендации по применению методов

Kurzfassung: Es werden Vor- und Nachteile des strukturellen und nichtstrukturellen Verfahrens zur Schätzung des Geschiebetransports analysiert. Die Berechnungen zum Geschiebetransport erfolgen nach verschiedenen Formeln. Im weiteren Verlauf werden die gewonnenen Ergebnisse mit den Resultaten der Labor- und Feldmessungen anderer Autoren im In- und Ausland verglichen. Empfehlungen für die Anwendung der Methoden sind im Bericht vermerkt.

Summary: The report considers the pro and cons of structural and non-structural approaches for bedload discharge determination. Results of bedload discharge computations with the use of various formulas are given, which are compared with the results of laboratory and field measurements made by other Russian and foreign scientists. Recommendations on the application of these methods are made.

1. Оценка стока наносов является одной из труднейших проблем при расчете русловых деформаций для решения различных инженерных задач на реках и каналах, таких как строительство гидроэлектростанций, мостов, водозаборов, портовых сооружений, осуществление карьерных разработок, прокладка трубопроводов, забор воды на орошение и др. В последнее время, в связи с ухудшением экологической обстановки на водосборах рек из-за все возрастающей антропогенной деятельности, правильный учет стока наносов приобретает актуальность и с точки зрения охраны окружающей среды, поскольку вместе с наносами речным потоком перемещаются различные загрязнители. Ярким примером последнего является деятельность по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году, когда для предотвращения поступления в Черное море тяжелых радиоактивных частиц, перемещающихся вместе с речными наносами, было принято решение об их захоронении в специально сооружаемых для этого в русле р. Днепр карьерах-уловителях, размеры которых рассчитывались исходя из ожидаемого стока наносов.

К сожалению, в настоящее время, несмотря на обилие различных формул и методов, основную прикладную задачу теории наносов и русловых процессов - расчет с достаточной точностью расхода наносов - считать решенной нельзя. Особенно это касается расхода влекомых наносов, определяющих основные деформации русла. Существующие формулы расчета расхода влекомых наносов отличаются недостаточной для практики точностью. Поэтому поиск приемлемых решений идет как по пути отыскания новых методов оценки расхода, так и по пути совершенствования расчетных формул.

Существует два пути определения расхода наносов, основанных на разных представлениях о физической картине перемещения по дну твердых частиц. В первом из них, бесструктурном, рассматривается движение отдельной частицы наносов. Аргументами расхода наносов в этом случае в расчетных формулах выступают гидравлические характеристики потока и русла: касательные напряжения на дне, скорость течения, вязкость воды, характеристики донных частиц и др. Во втором подходе, структурном, расход наносов связывается с перемещением дискретных подвижных скоплений наносов - русловых микроформ и мезоформ. В этом случае аргументами расхода наносов вместе с параметрами потока выступают характеристики русловых форм.

Достоинством первого подхода является теоретическая возможность его применения как для бесструктурного, так и для структурного перемещения наносов (в этом случае движение отдельных частиц рассматривается на относительно ровных участках дна - на напорном склоне и гребне микроформ). Однако при грядовом движении наносов частицы перемещаются в режиме периодического возобновления своего движения (движение по напорному склону гряды - отложение в подвалье и последующее захоронение движущейся грядой - возобновление движения по напорному склону после прохождения гряды), причем период возобновления движения тем больше, а пройденное за единицу времени расстояние тем меньше, чем больше и многоводнее река. Бесструктурный же подход рассматривает движение отдельной частицы как непрерывное. Поэтому применение этого подхода для случая грядового перемещения наносов нельзя признать физически обоснованным.

Недостатком структурного подхода является ограниченность его применения только для случая движения наносов в виде микрои мезоформ (что, как известно, на реках наблюдается не всегда), а также увеличение погрешности вычисления расхода наносов в результате суммирования ошибок расчета геометрических и динамических характеристик микро- и мезоформ. Кроме того, существующие формулы, основанные на структурном подходе, получены для установившегося потока, и поэтому не учитывают инерционности в изменении характеристик гряд при неустановившемся движении воды, которое чаще всего наблюдается в естественных потоках.

В настоящее время имеется большое количество формул, основанных как на структурном, так и на бесструктурном подходе в оценке расхода наносов. Многообразие расчетных зависимостей и методов, отсутствие четких рекомендаций по их применению создают значительные трудности для исследователей и проектировщиков, сталкивающихся с необходимостью определения стока наносов на реках в бытовых и проектных условиях.

Необходимость обобщения и оценки существующих расчетных формул обусловила выполняемую в настоящее время в отделе русловых процессов ГГИ работу по сбору и систематизации опубликованных формул расчета расхода влекомых наносов, приведению их к одной системе единиц и одним обозначениям, сравнению результатов расчета по формулам с фактическими данными, полученными из различных источников.

Тестовые расчеты по формулам проводились с помощью программы BEDLOAD, написанной для персональных компьютеров IBM-PC/XT/AT и содержащей более 100 формул и зависимостей.

Результаты расчетов сравнивались с массивом исходной информации, включающим в себя результаты измерений расхода влекомых наносов различными авторами в лотках, на размываемых моделях, в каналах и естественных потоках. Фактические данные охватывают широкий диапазон изменения гидравлических характеристик:

Обьект исследований	H (м)	V (м/с)	Fr	d (мм)
лотки	0.01-1.09	0.14-2.90	0.24-3.50	0.10-29
модели	0.02-0.26	0.18-0.69	0.16-1.17	0.22-3.25
каналы	0.11-6.10	0.51-0.88	0.08-0.53	0.10-1.46
горные реки	0.09-6.34	0.47-3.35	0.25-1.18	1.09-116
равнинные реки	0.11-17.1	0.16-2.10	0.05-0.50	0.06-9.7

Всего массив данных содержит 2086 измерений расхода влекомых наносов, 911 измерений высоты микроформ и 1056 измерений скорости перемещения микроформ.

Ниже приводятся результаты тестовых расчетов.

БЕССТРУКТУРНЫЙ ТРАНСПОРТ НАНОСОВ

Бесструктурный транспорт наносов в естественных потоках чаще всего наблюдается на горных реках, а также в отдельные фазы водного режима на равнинных реках (обычно это пик половодья, когда

происходит смыв гряд, и межень, когда движение донных частиц происходит по реликтовым грядам). В массив исходной информации входит 1038 результатов измерения расхода влекомых наносов, перемещающихся в бесструктурной форме.

Сравнительный анализ результатов расчета по всему массиву данных позволил выделить из 73-х оцениваемых формул три зависимости, показывающие наилучшие результаты:

- формула Einstein (1942) /1/

$$\Phi = 2.17 \,/\, [\exp(0.39/Y) - 1] \qquad (1)$$

где Ф-безразмерный расход влекомых наносов, Y-безразмерное касательное напряжение;

- формула Laursen (1958) /2/

$$\bar{C} = 0.01 \,(d/H)^{7/6} \,(Yo/Yoc-1)\, f(Vdin/w) \qquad (2)$$

где $\bar{C}$-средняя весовая концентрация наносов, d-средний диаметр наносов, H-глубина потока, Yo-касательное напряжение Laursen на дне, Yoc = Yc (Ps-P) g d, Yc-критическое значение Y, Ps-плотность наносов, P-плотность воды, g-ускорение свободного падения, Vdin-динамическая скорость, w-гидравлическая крупность, f(Vdin/w)-эмпирическая функция;

- формула Россинского (1968) /3/

$$qs = 0.2\, d\, k\, V \left[f - \frac{Vод}{k\, V}\,(f-fb) + \frac{2\,S}{5\,Vд} \exp\{ - \frac{[Vод/(k\,V)-1]^2}{2\,S/Vд\;S/Vд} \} \right] \qquad (3)$$

где qs-удельный обьемный расход влекомых наносов, k-отношение донной скорости потока к средней, V-средняя скорость потока, Vд-средняя донная скорость потока, Vод-сдвигающая частицы донная скорость, f-относительное количество движущихся частиц, fb-относительное количество сальтирующих частиц, S-среднеквадратическое значение продольных пульсаций скорости.

На рис.1 представлен график связи фактических и расчетных значений расхода влекомых наносов по формуле (2). Коэффициент корреляции связи r=0.71. Для формул (1) и (3) коэффициенты корреляции соответственно 0.27 и 0.33.

СТРУКТУРНЫЙ ТРАНСПОРТ НАНОСОВ

Движение песчаных гряд на дне равнинных рек является основной формой транспорта влекомых наносов. По данным ряда вателей, гряды существуют при Vo < V < 2.5 Vo ; при V > 2.5 Vo происходит смыв гряд (Vo - неразмывающая скорость). По некоторым данным на горных реках при H/d > 15 движение крупнофракционных наносов также может происходить в грядовой форме.

Массив исходной информации содержит 1048 измерений расхода влекомых наносов , перемещающихся в структурной форме.

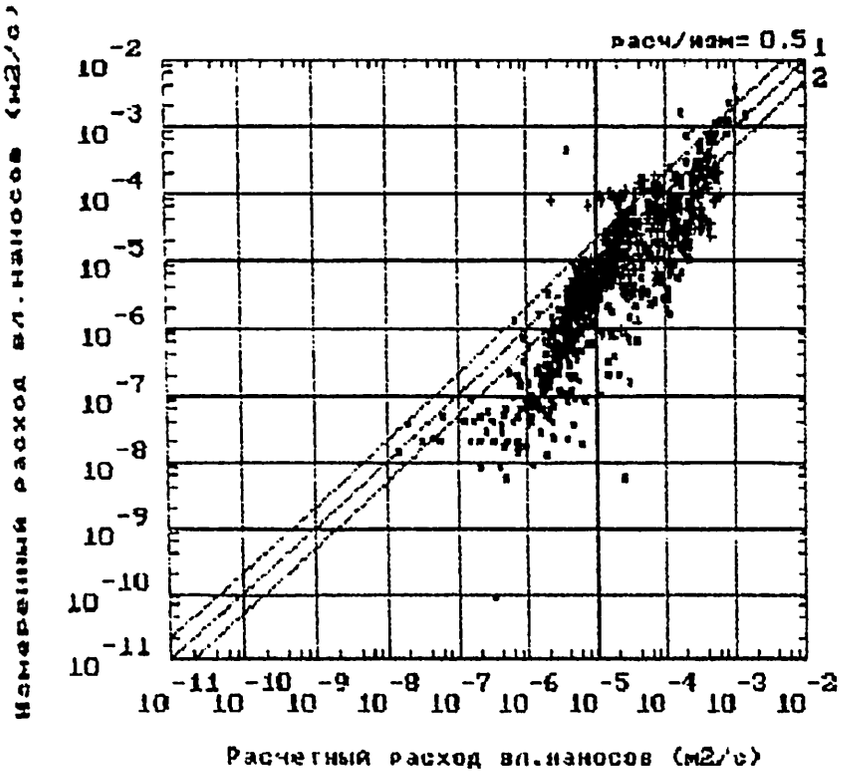


Рис. 1 - Сравнение измеренных расходов влекомых наносов и расчитанных по формуле (2). Comparison of measured bedload discharge and calculated from Eq. (2).

Сравнительные расчеты геометрических и динамических характеристик микроформ показали следующее.

Для высоты гряд из 19-ти анализируемых формул наиболее близкие результаты к фактическим показывает зависимость Снищенко (1980) /4/

$$hr = 0.25\ H \qquad (\text{для } H < 1 \text{ м})$$
$$hr = 0.20 + 0.1\ H \qquad (\text{для } H > 1 \text{ м}) \qquad (4)$$

где hr - высота гряды. Коэффициент корреляции расчитанных и фактических значений высоты гряд r=0.84.

Для скорости перемещения гряд из 18-ти оцениваемых формул наименьшее отклонение расчетных величин от измеренных показывает формула Снищенко-Копалиани (1978) /5/

$$Cr = 0.019\ V\ Fr^{3} \qquad (5)$$

где Cr - скорость гряды. Коэффициент корреляции расчетных и измеренных значений r=0.80.

Расход наносов определялся через параметры гряд по формуле

$$qs = a\ (1-p)\ hr\ Cr \qquad (6)$$

где a-коэффициент полноты профиля гряды, p-коэффициент пористости грунта. На рис. 2 показан график связи фактических значений

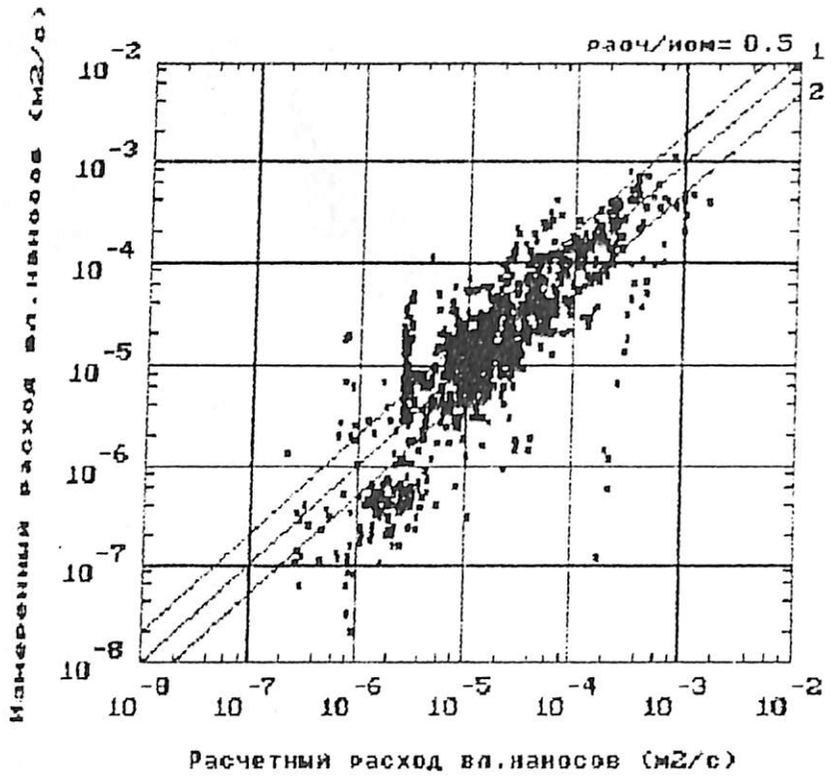


Рис.2 - Сравнение измеренных расходов влекомых наносов и расчитанных по формулам (4),(5) и (6). Comparison of measured bedload discharge and calculated from Eqs.(4), (5) and (6).

расхода влекомых наносов и расчитанных по формуле (6), где hr определялась по зависимости (4), а Cr - по формуле (5). Коэффициент корреляции связи r=0.70.

Сравнительные расчеты расхода влекомых наносов, перемещающихся в грядовой форме, по формулам бесструктурного подхода позволили отобрать две зависимости, показавшие близкие между собой результаты:

- формула Гончарова (1954) /6/

$$qs = (1+f)/b\ Vн\ d\ (V^3 / Vн^3 - 1)\ (V/Vн-1) \qquad (7)$$

где f-параметр турбулентности, b-эмпирический коэффициент, Vн-несдвигающая скорость;

- формула Шамова (1949) /7/

$$qs = c/Ps\ (V/Vн)^3\ (V-Vн)\ (d/H)^{1/m} \qquad (8)$$

где c,m - эмпирические коэффициенты. Коэффициент корреляции измеренных и расчетных значений расхода влекомых наносов r=0.80 для обеих формул. Формулы (7) и (8) широко используются для расчета расхода влекомых наносов в нашей стране.

ВЫВОДЫ

Результаты расчета расхода влекомых наносов ни по одной из анализируемых формул нельзя признать удовлетворительными. Значительное расхождение расчетных и измеренных величин может быть связано как с несовершенством самих формул, так и с несовершенством методики получения исходной информации.

Тем не менее, для приблизительной оценки расхода влекомых наносов при бесструктурном транспорте могут быть применены зависимости (1), (2) или (3). В случае структурного транспорта наносов наиболее надежные результаты могут быть получены через параметры микроформ по формуле (6) с использованием зависимости (4) для высоты гряд и формулы (5) для скорости перемещения микроформ.

В целом же проведенные расчеты подтверждают необходимость дальнейших исследований как в области расчетов расхода влекомых наносов, так и в области совершенствования методики измерения расхода наносов.

Список литературы.

/1/ Гришанин К. В. Теория руслового процесса. М., Транспорт, 1973

/2/ Laursen, E. M. The Total Sediment Load of Streams. - Journal of the Hydraulics Division, Vol. 84, No. 1, 1958

/3/ Россинский К. И. Движение донных наносов. -Труды ГГИ, вып. 160, 1968

/4/ Снищенко Б. Ф. О связи высоты песчаных гряд с параметрами речного потока и русла. -Метеорология и гидрология, №6, 1980

/5/ Снищенко Б. Ф., Копалиани З. Д. О скорости движения гряд в реках и лабораторных условиях. -Труды ГГИ, вып. 252, 1978

/6/ Гончаров В. Н. Основы динамики русловых потоков. Л., Гидрометеоиздат, 1954

/7/ Шамов Г. И. Речные наносы. Л., Гидрометеоиздат, 1954

Адрес авторов.

Российская федерация, 199053, Санкт-Петербург, В. О., 2-я линия-23

7.4

FESTSTOFFHAUSHALT UND FESTSTOFFBEWIRTSCHAFTUNG IM DEUTSCHEN DONAUGEBIET

Fritz-Heinz Weiß und Heinrich Kortmann

Kurzfassung

Ausgehend von den Verhältnissen vor und nach den Flußkorrektionen im vorigen Jahrhundert und weiterer Maßnahmen wie Bedeichung, Kiesentnahmen und Staustufenausbau wird der Feststoffhaushalt der Donau und ihrer alpinen Zubringer beschrieben. Die aus diesen Eingriffen entstandenen Probleme der Sedimentation und Erosion führen zur Frage einer Bewirtschaftung der für die Bettstabilität wichtigen Geschiebekomponente. Lösungsansätze werden insbesondere für eine Erhöhung der Restgeschiebefracht der alpinen Zubringer entwickelt.

SEDIMENT BALANCE AND SEDIMENT MANAGEMENT IN THE GERMAN DANUBE BASIN

Summary: Beginning with the situation before and after river training in the last century and further measures such as dikes, gravel mining and weir construction the sediment balance of the Danube and its tributaries is described. The problems of aggradation and degradation resulting from these measures lead to the subject of bed load management being important for bed stability. Approaches especially for increasing the remaining bed load transport of the alpine tributaries are developed.

1. Einleitung

Relief und Anlage des Gewässernetzes sind die prägenden Elemente einer Flußlandschaft, beide beeinflussen einander grundlegend. Dies trifft auch auf die Donau zu. Ihre Quellbäche entspringen im Gneis- und Granitgebiet des südlichen Schwarzwalds, treten aber sogleich in das östlich anschließende Deckgebirge (Buntsandstein, Muschelkalk) und schließlich in den schwäbischen Jura über. Ab Donaueschingen zur Donau vereinigt, verläßt der Fluß bei Sigmaringen den Jura und fließt bis Regensburg in breitem Tal zwischen den Jurahöhen und dem südlich davon liegenden Tertiärhügelland. Ab Regensburg bildet das Grundgebirge des Bayerischen Waldes die Nordbegrenzung, den die Donau bei Vilshofen dann durchbricht.

2. Feststoffhaushalt

2.1 Geschiebe

Bezüglich des Feststoffeintrags - Geschiebe und Schwebstoff - ist der deutsche Donauabschnitt hauptsächlich durch die südlichen Zubringer aus dem alpinen Bereich geprägt. Die Geschiebeführung der Oberlaufstrecke bis Ulm ist unbedeutend, die anschließende bayerische Donaustrecke von der Illermündung bis Jochenstein wurde 1965 von Bauer /1/ einer umfangreichen flußmorphologischen Untersuchung unterzogen, die im wesentlichen heute noch Gültigkeit hat. Aus alten Karten aus der Zeit um 1820 geht hervor, daß die geschiebereichen Donauzuflüsse Iller, Lech, Isar und Inn vor ihrer Korrektion weit verzweigte Gerinne mit mehreren hundert Metern Breite darstellten, die bei jedem Hochwasser ihren Lauf veränderten /2,3/. Die Donau selbst ist mehr dem Flußtyp des gewundenen Gerinnes zuzuordnen mit gelegentlichen Ansätzen zur Verzweigung im Mündungsbereich der geschiebeführenden Zubringer (Abb.1). Das von den alpinen Zuflüssen hauptsächlich zugeführte Geschiebe versuchte zwar die Talsohle langsam aufzulanden, die Donau war aber andererseits bestrebt, ihre Juradurchbrüche weiter auszubilden. Jedoch dürfte das Transportvermögen der Donau zum Abtransport des Geschiebes gerade noch ausgereicht haben, so daß sich der natürliche Lauf flußmorphologisch gesehen nahezu im Gleichgewichtszustand befand. Vom Zeitgeist der Aufklärung und der beginnenden Industrialisierung beflügelt, begann man Anfang des vorigen Jahrhunderts die Flüsse zu verändern. Durchstiche und Korrektionen haben das Geschiebetransportvermögen der Donau erhöht und führten zur Erosion der Flußsohle. Durch umfangreiche Kiesentnahmen und den Einspanneffekt, der durch die Bedeichung zum Zwecke des Hochwasserschutzes entstand, wurde der Eintiefungsvorgang weiter verstärkt. Der Eintiefungstrend dieser Eingriffe war stellenweise bereits im Abklingen, als durch den an der Donau um 1960 einsetzenden Wasserkraftausbau der Geschiebetransport infolge der Rückhaltung in den Stauräumen immer mehr zum Erliegen kam. Im Unterwasser der letzten Stufe trifft der geschiebelose Abfluß mit vollem Transportvermögen auf die meist durch die Korrektion in der Mächtigkeit der Kiesauflage bereits geschwächte Flußsohle und räumt sie weiter ab /4/. Die Fortsetzung des Staustufenausbaus an der Donau und ihren Zuflüssen führte im Laufe der Zeit zwar zur weiteren Sohlstützung, verschärfte aber andererseits auch teilweise die Tiefenerosion im Unterwasser, da mit der fortschreitenden Stützung der bisherigen Geschiebenährstrecke zwangsläufig letztere auch ständig verkürzt wird. Der derzeitige Stand der Sohlstützung ist in Abb. 2 wiedergegeben. Der Umfang der Schließung noch vorhandener Ausbaulücken sowie die Frage, welche Lösung für eine Sohlstützung im Einzelfall zum Tragen kommt, ist von den speziellen örtlichen Randbedingungen abhängig. Mit dem weiteren Staustufenausbau der alpinen Zubringer ging auch der Geschiebeeintrag in die Donau zurück. Ein geringer Restgeschiebezulauf erfolgt noch aus der Iller (rd. 10 000 m^3/a) und aus

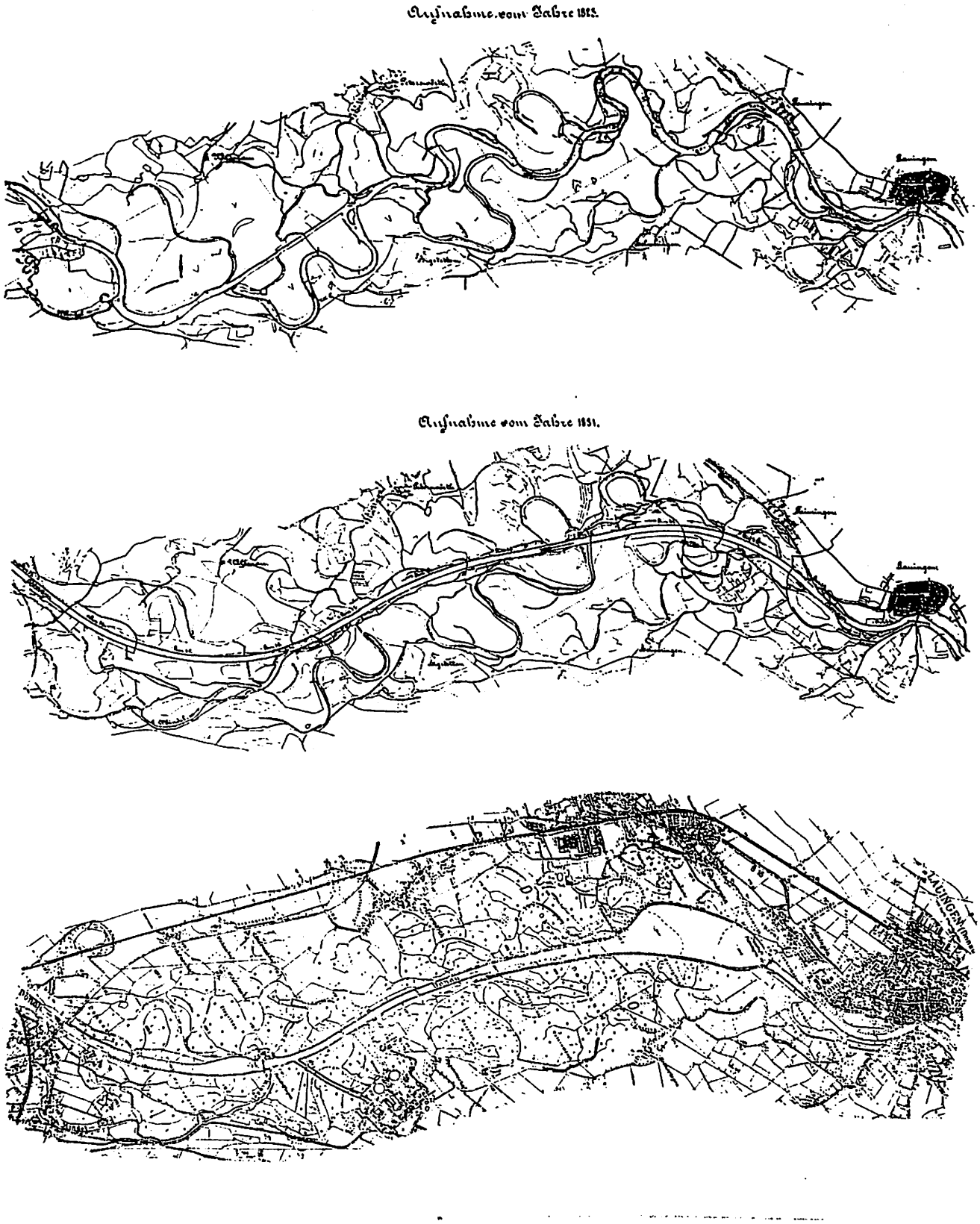


Abb. 1 Donau oberhalb von Lauingen, Zustand vor (1823) und nach der Korrektion (1881) sowie nach dem Staustufenausbau (1965)

Fig. 1 River Danube upstream Lauingen, situation before (1823) and after river training (1881) and after barrage dam construction (1965)

der Isar (rd. 50 000 m³/a). Letzterer wird im Verlauf der weiteren Sohlstützmaßnahmen in wenigen Jahren auf null zurückgehen. Vom Lech und Inn kommt kein Geschiebe mehr.

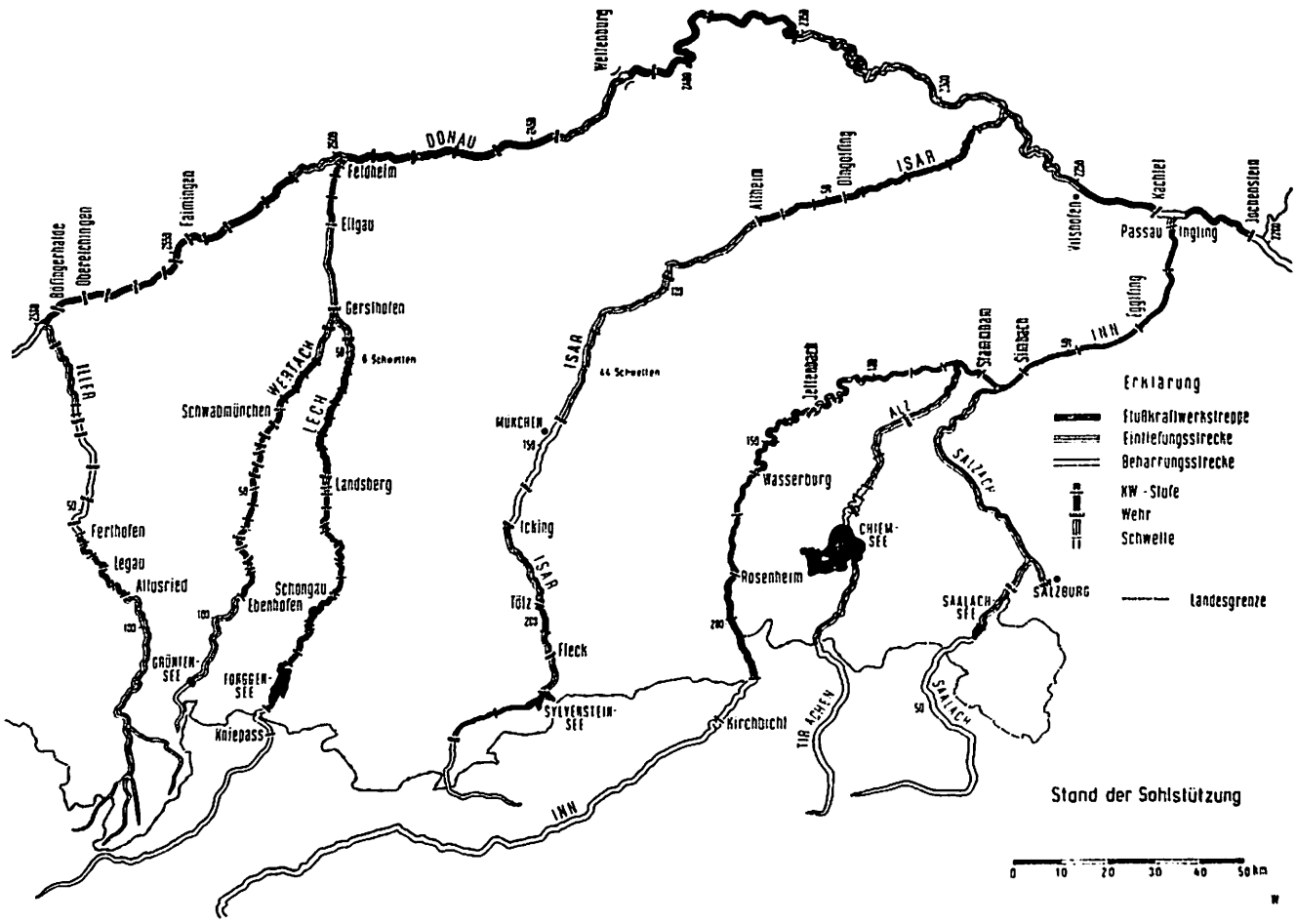
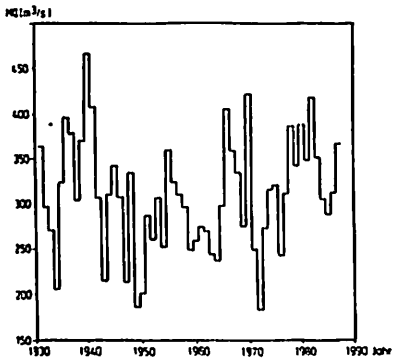


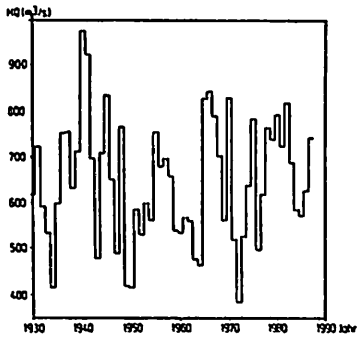
Abb. 2 Stand der Sohlstützung an der Donau mit Zuflüssen

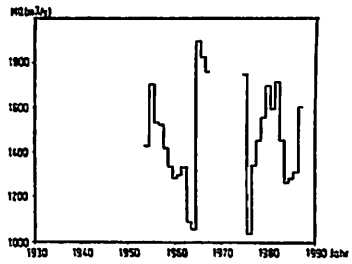
Fig. 2 State of bed stabilization of the River Danube and tributaries

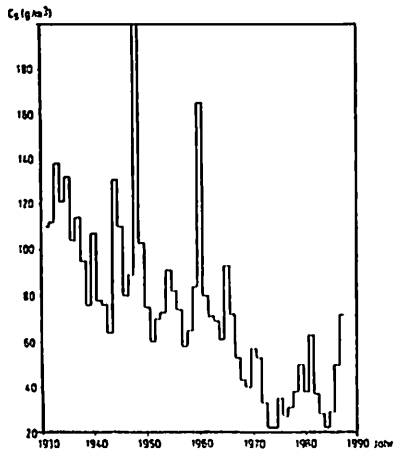
2.2 Schwebstoffe

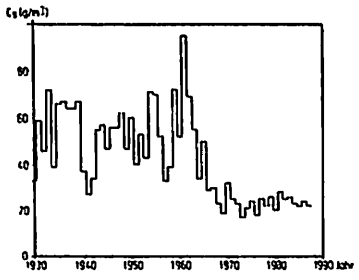
Der Schwebstoffgehalt an den Meßstellen Ingolstadt und Vilshofen zeigt mit zunehmendem Staustufenausbau ständig abnehmende Tendenz (Abb. 3). Während der Schwebstoffgehalt an diesen Meßstellen bei Vergleich der Meßreihen 1954/67 mit 1975/87 auf 50 bzw. 45 % sinkt, fällt dieser Rückhalteeffekt an der untersten Meßstelle (Engelhartszell/Jochenstein) mit einem Absinken auf rd. 81 % deutlich geringer aus. Dies dürfte einmal durch die wesentlich höhere Schwebstofffracht des Inn und andererseits durch die nachträglich eingebauten Leitdämme in einigen Innstauräumen begründet sein, welche sich sowohl für die Dichteströmung als auch für Remobilisierungs- und Spüleffekte günstig auswirken.

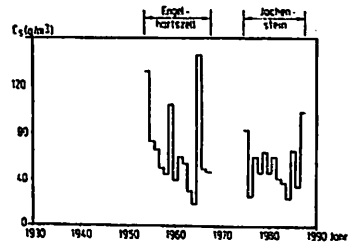












Meßstelle Ingolstadt

Meßstelle Vilshofen

Meßstelle Engelhartszell/ Jochenstein

Abb. 3 Ganglinien des mittleren Schwebstoffgehalts und des mittleren Abflusses an den Meßstellen Ingolstadt, Vilshofen und Engelhartszell/Jochenstein

Fig. 3 Records of mean annual suspended load concentration and mean annual discharge at the Ingolstadt, Vilshofen and Engelhartszell/ Jochenstein gauges

3. Feststoffbewirtschaftung

In Flußabschnitten, wo wegen fortschreitender Tiefenerosion der Sohle Ufer und Bauwerke gefährdet sind und das Grundwasser weiter absinkt, ist heute wie gestern Handlungsbedarf gegeben. Bekanntlich sind aber die Bedürfnisstrukturen unserer Gesellschaft nicht mehr die gleichen wie noch vor 30 oder 40 Jahren. Zunehmend regt sich das Verlangen auch nach anderen Werten und Gütern. Der Flußbau hat die Auseinandersetzung mit einer Gesellschaft zu bestehen, die wenig Bereitschaft zeigt, technische Zwänge anzuerkennen, sondern sich nach unverdorbenem Naturerlebnis jenseits des ökonomisch ausgerichteten Alltags sehnt, aber gleichzeitig eine Steigerung des Lebensstandards eben mittels der Technik für sich reklamiert. Auch neigt man gerne zur Ansicht, alles sei machbar, wenn man nur über das geeignete "Rezept" verfüge. Was hat also die Flußmorphologie in diesem Spannungsfeld zu bieten? Scheinbar relativ wenig. Wir können uns heute im Gegensatz zur Ära der Flußbegradigungen vor der Nachwelt zwar nicht mit mangelnder Einsicht entschuldigen, unsere Erfahrungen und unser Wissen müßten aber ausreichen, um die Folgen unseres Handelns oder Nichthandelns beurteilen zu können.

Da Schwebstoffe zur Sättigung des unterhalb von Staustufen auftretenden Geschiebedefizits nur wenig beitragen können, muß sich die Strategie einer Bewirtschaftung vor allem auf die Geschiebekomponente beschränken. Das bedeutet, daß nach Möglichkeiten gesucht werden muß, in den nicht sohlgestützten Strecken zumindest eine Restgeschiebefracht zu erreichen. Diese sollte möglichst lange aufrecht erhalten werden, damit die weitere Sohlenerosion gering gehalten und der Zeitpunkt für den Bau von Stützbauwerken möglichst lange aufgeschoben werden kann. Die folgenden Ansätze für eine Geschiebebewirtschaftung wurden aus Feststoffbilanzierungen zahlreicher flußmorphologischer Untersuchungen im bayerischen Donaugebiet entwickelt / 5 bis 12/. Sie beziehen sich hauptsächlich auf die alpinen Zuläufe zur Donau.

3.1 Wiedereinbringung von Geschiebe

Insbesondere an den Donauzubringern muß nunmehr aufgrund der Veränderung der Transportbedingungen jeweils an der obersten Stufe einer Stauregelungskette Geschiebematerial aus dem natürlichen Regelkreis herausgenommen werden. Andererseits fehlt dieses Material in gleicher Menge und Zusammensetzung oft wenige Kilometer unterhalb der Stauanlage und führt dort zur Tiefenerosion. Es erscheint daher naheliegend, das fehlende Material durch Wiedereinbringung des entnommenen Geschiebes zu ersetzen. Der Gedanke, das in Erosionsstrecken fehlende Geschiebe durch unterstromige Zugabe des im Stauraum sedimentierten oder vorher in einer Geschiebefalle punktuell entnommenen Geschiebes zu ersetzen, ist nicht neu. Bereits beim Bau der Saalachtalsperre bei Bad Reichenhall vor 80 Jahren wurde als Auflage ein Ausbaggern der Auflandungen und ein Verbringen in das Unterwasser gefordert. Der Vollzug kam jedoch erst seit 1985 zum Tragen. Mit einem Tracerversuch konnte nachgewiesen werden, daß diese Vorgehensweise an der Saalach funktioniert und das markierte Zugabematerial bis maximal 60 km transportiert wird /13/. Inwieweit lassen sich diese Versuchsergebnisse von der Saalach auf andere Flußstrecken übertragen? Die erforderlichen Randbedingungen für eine Wiedereinbringung von aus dem Fluß entnommenem Geschiebematerial wie Materialanfall gleicher Körnung in der erforderlichen Menge, günstige und effektive Zugabemöglichkeit, geringe Transportentfernung, vorhandener Transportweg mit möglichst geringer Beeinträchtigung des öffentlichen Verkehrs, der Natur usw., sind zwar nicht immer sämtlich erfüllbar, jedoch zeichnen sich neben der Saalach auch an der oberen Iller, am unteren Lech und an der Isar positive

Ansätze ab, die geringe aus der Tiefenerosion stammende Restgeschiebeführung durch Wiedereinbringung von flußeigenem Geschiebematerial wirksam zu erhöhen. Dies könnte von Kritikern als eine Maßnahme bezeichnet werden, die keine stabilen, dauerhaften Verhältnisse im konventionell verstandenen wasserbaulichen Sinn schafft. Dem ist jedoch entgegenzuhalten, daß das Wiedereinbringen von Flußgeschiebe im Gegensatz zum wasserbaulichen Eingriff als Beitrag im Rahmen einer zeitgemäßen Gewässerpflege zu verstehen ist, wodurch das gegenwärtige Erscheinungsbild des Gewässers zumindest mittelfristig naturnah gehalten und der Geschiebetransport aufrechterhalten werden könnte. Auch wenn die am Transportvermögen des jeweiligen Fließgewässers gemessenen Restgeschiebefrachten sich eher bescheiden ausnehmen, so haben sie doch einen nicht zu unterschätzenden Effekt, um lokale Abträge quartärer Deckschichten wieder auszugleichen bzw. abzudecken.

3.2 Stauraumspülung

Eine Durchtrift des an der Stauwurzel sedimentierenden Geschiebes durch den Stauraum ist nur unter günstigen Voraussetzungen, wie z. B. rechtzeitige Absenkung des Stauspiegels bei anlaufender Hochwasserwelle (> bettbildender Abfluß) möglich. Sind zwischen Inbetriebnahme und einer beabsichtigten Spülung Verlandungen eingetreten, so kann u. U. durch Schaffung einer Spülrinne eine Geschiebeverfrachtung in das Unterwasser ermöglicht werden (Beispiel Isarstausee Bad Tölz). Wenn die Verlandung jedoch zu weit fortgeschritten ist, kann durch Spülung allein kein Geschiebematerial in das Unterwasser verfrachtet werden (Beispiel Saalachsee bei Reichenhall).

3.3 Remobilisierung von Kiesbänken

Insbesondere bei längeren Ausleitungsstrecken sind häufig noch Kiesbankbildungen in größerem Umfang im Mutterbett unterhalb der Wehranlage anzutreffen. Ein Teil dieser Kiesbänke kann jedoch aufgrund der regimebedingten Verhältnisse seine natürliche Funktion als Transportkörper nicht mehr ausüben. Zunehmende Verfestigung und Verbuschung verhindern eine Umlagerung. Dadurch wiederum bedingt, versucht der Fluß das bei bettbildenden Abflüssen auftretende Transportvermögen vermehrt aus den tiefergelegenen Bereichen seines Bettes (Abflußrinnen, Talweg) durch Materialaufnahme zu decken (Beispiel mittlere Isar, untere Alz). Sofern diese Rinnenbildung dem gefürchteten Sohlendurchschlag in erosionsempfindliche tertiäre Schichten Vorschub leisten könnte, würde es wegen der besonderen Abflußverhältnisse in einer Ausleitungsstrecke nicht genügen, nur die Abtragsbereitschaft an den Flanken solcher Kiesbänke zu fördern. Zusätzlich muß das verfestigte Deck- und Innenschichtgefüge der Kiesbänke mit geeignetem Gerät an der Oberfläche aufgerissen und gelockert werden. Bei älteren, besonders hoch herausragenden Kiesbänken kann sogar ein Abschälen der oberen, für den normalen Hochwasserabfluß nicht mehr erreichbaren Schichten notwendig sein. Dabei wäre es vorteilhaft, das abzutragende Material in die unmittelbar benachbarten Tiefenrinnen einzubringen. Als Nebeneffekt könnte im Ausgleich die Bildung rezenter Kiesbänke erreicht werden.

3.4 Rückbau von Längsverbauungen

Auch ein Rückbau von Längsverbauungen, vor allem in zu schmal angelegten Flußstrecken, könnte sich nach eingehender Untersuchung der Verhältnisse als erfolgversprechend erweisen. Erste Ansätze in dieser Richtung wurden in einer ehemaligen Umlagerungsstrecke der Isar gemacht, die infolge Geschieberückhaltung in einem Stausee durch starke Streckung des Gerinnes

mit Tiefenerosion geprägt ist. Da der Geschiebezulauf nicht beeinflußt werden kann, wurde durch partiellen Rückbau bzw. Nichtunterhaltung der Längsverbauung neben einer ökologischen Aufwertung der Gewässerstrecke erreicht, der Isar zumindest die Möglichkeit zur Seitenerosion zu geben und Geschiebematerial aufzunehmen. Ähnliche Überlegungen führten zum partiellen Rückbau der Längsverbauung in einer Ausleitungsstrecke am mittleren Inn.

3.5 Umbau von Wildbachsperren

Durch umfangreichen Sperrenbau im Zuge der Wildbachverbauung wird im Einzugsgebiet anfallendes Geschiebematerial oft in beträchtlichem Umfang örtlich festgelegt und damit die Geschiebeherde vom Vorfluter abgeschnitten, also ein Geschiebeeintrag in den Fluß unterbunden. Insbesondere an Flüssen mit Tiefenerosion im Oberlauf erscheint eine Prüfung veranlaßt, ob nicht zumindest ein teilweiser Umbau von Geschieberückhaltesperren in Dosiersperren möglich ist, die bei bettbildenden Abflüssen eine Geschiebeverfrachtung in das Unterwasser ermöglichen. Andererseits besteht, wie sich in der Praxis leider auch zeigt, bei den an den Unterläufen von Wildbächen angeordneten und deshalb leichter zugänglichen Geschieberückhalteeinrichtungen die Gefahr, daß das dort noch ankommende Geschiebe als begehrter Baustoff rigoros ausgebeutet wird und der Zweck, an das sich eintiefende Hauptgewässer Geschiebe dosiert abzugeben, nicht mehr erfüllt wird.

4 Ausblick

Eingedenk der von Adrian von Riedl /14/ bereits im Jahre 1806 getroffenen Feststellung, daß "hidrotechnische Gegenstände, und besonders der Wasserbau selbst von so einer Art sind, daß keine andere Kunde, wie diese, so vieler und strenger Kritik unterworfen ist", sind wir uns bewußt, daß sich der Umsetzung der flußmorphologisch begründeten Vorschläge fallweise mehr oder weniger große Widerstände in den Weg stellen werden. Nach unserem Dafürhalten besteht in der heutigen Situation jedoch grundsätzlich die Aufgabe, eine harmonische Verbindung zwischen den technischen Zwängen und den berechtigten landschaftsökologischen Belangen herbeizuführen.

LITERATURVERZEICHNIS

/1/	Bauer,F.	Der Geschiebehaushalt der bayerischen Donau im Wandel wasserbaulicher Maßnahmen Die Wasserwirtschaft, 55 Jg., H. 4/5, 1965
/2/	Mangelsdorf, J. Scheurmann, K.	Flußmorphologie, ein Leitfaden für Naturwissenschaftler und Ingenieure, Oldenbourg Verlag, München 1980
/3/	Mangelsdorf, J. Scheurmann, K., Weiß, F.H.	River Morphology, a Guide for Geoscientists and Engineers Springer-Verlag, Heidelberg 1990
/4/	Weiß, F.H.	Riverbed degradations downstream hydraulic structures, determination and possibilities for management 3rd. International Symposium on River Sedimentation, Jackson 1986
/5/	Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft	Die flußmorphologische Entwicklung der Salzach von der Saalachmündung bis zur Mündung in den Inn Informationsbericht H. 2, 1980

/6/	Weiß, F.H.	Flußmorphologische Sonderuntersuchungen, dargestellt an der unteren Alz Informationsbericht H. 1, 1983
/7/	Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft	Flußmorphologische Untersuchung der oberen Donau von Ingolstadt bis Kelheim mit Sanierungskonzept Unveröffentlichter Bericht, 1985
/8/	Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft	Untersuchung zur Festsetzung eines Mindestabflusses im Lech unterhalb des Wehrs Gersthofen - Flußmorphologische Untersuchung - Unveröffentlichter Bericht, 1988
/9/	Weiß, F.H.	Störungen des morphologischen Gleichgewichts der unteren Saalach durch anthropogene Einflüsse Informationsbericht H. 2, 1989
/10/	Kortmann, H.	Flußbauliche Sanierung des Lech im Bereich des Ausleitungskraftwerks Kinsau Informationsbericht H. 2, 1989
/11/	Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft	Morphologie und Geschiebehaushalt der Ammer von Oberammergau bis Altenau einschließlich der alpin geprägten Seitenbäche sowie der Halbammer Unveröffentlichter Bericht, 1989
/12/	Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft	Teilrückleitung der mittleren Isar - Flußmorphologische Untersuchung - Unveröffentlichter Bericht, 1991
/13/	Weiß, F.H.	Investigations on sediment transport by luminophors in the Lower Saalach River, Bavaria Euromech 262 - Sand Transport in Rivers, Estuaries and the Sea, Soulsby & Bettess (eds) Balkema-Verlag, Rotterdam 1991
/14/	v. Riedl, A.	Strom-Atlas von Baiern Lentner'sche Buchhandlung, München, 1806

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. Fritz-Heinz Weiß und
Dipl.-Ing. Heinrich Kortmann im
Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft
Lazarettstraße 67
8000 München 19

7.5

Zuverlässigkeit berechneter Erosionstiefen der Donau im Bereich Straubing - Vilshofen

Autoren: J.Kellermann, B.Söhngen, G.Loy

Vortrag im Rahmen der XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen und hydrologisch - wasserwirtschaftliche Grundlagen, Kelheim 18.-22.5.1992

Im Rahmen der Ausbauplanung zur Verbesserung der Schiffahrtsverhältnisse für den Donauabschnitt Straubing - Vilshofen ist der sogenannte " Planungs - Null - Fall ", das heißt der morphologische Zustand der Donau, der sich längerfristig einstellt, wenn keine Staustufen gebaut werden, zu untersuchen. Dabei führt der von oberstrom durch die Staustufe Straubing unterbundene, und der durch den fortschreitenden Isarausbau reduzierte Geschiebeeintrag aus der Isar zu nachhaltigen Veränderungen des Flußregimes, u.a. auch zu einem Verfall der Wasserspiegellagen und damit zur Verschlechterung der Schiffahrtsverhältnisse.

Im Rahmen des Vortrages wird zunächst das verwendete hydrodynamisch - numerische Transportmodell auf der Basis des Programmsystems SEDICOUP beschrieben, wobei die verwendeten Differentialgleichungen, die Ansätze zur Berechnung des fraktionierten Geschiebetransportes und die Lösungsalgorithmen beschrieben werden. Anschließend werden die Ergebnisse der Eichung des Modells vorgetellt. Dann wird die Methodik zur Abschätzung des Fehlers berechneter Erosionstiefen als Folge der, statistisch gesehen, geringen Anzahl an geomorphologischen Basisdaten z.B. der für die Simulation verwendeten, mittleren Kornverteilungskurven des Unterschichtmaterials, der Unsicherheit der durch Eichung gewonnenen Parameter der Transportformel und der Unwägbarkeit zukünftiger Abflußereignisse geschildert.

Schließlich werden Simulationsergebnisse zur Sohlerosion im Bereich Straubing - Vilshofen für den Fall, daß von oberstrom und aus der Isar kein Geschiebe mehr eingetragen wird für verschiedene, gleich wahrscheinliche Datensätze angegeben und daraus die Unsicherheit prognostizierter Ergebnisse abgeschätzt.

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

ABLAGERUNGEN UND ABTRAGUNGEN VON SEDIMENTEN IM STAURAUM DES DONAUKRAFTWERKES JOCHENSTEIN

DEPOSITION AND DEGRADATION OF SEDIMENTS IN THE RESERVOIR OF THE POWER STATION JOCHENSTEIN

M. Vetter & H. Engel

Kurzfassung: Im Stauraum des Donaukraftwerkes Jochenstein wird die Entwicklung der Sohle durch Ablagerung und Abtragung von Sedimenten seit dem Vollstau im Dezember 1955 untersucht. Die wichtigsten Einflußfaktoren sind die den jahreszeitlichen Schwankungen unterliegende Wasser- und Feststoffzufuhr, die Geometrie und Linienführung des Stauraumes sowie das Zusammenspiel der Hochwasserabflüsse von Donau und Inn. Wesentliche Grundlagen sind regelmäßig durchgeführte Stauraumpeilungen sowie Langzeitmessungen des Abflusses und des Feststoff- speziell des Schwebstofftransportes in den beiden Flüssen.

Summary: The bed evolution due to deposition and degradation of sediments in the Jochenstein reservoir is investigated. The main influencing factors are the water and sediment inflow corresponding to their seasonal fluctuations, the geometry and line of the reservoir and the interaction of highwater events in the Danube river and the river Inn. The investigation is mainly based on reservoir surveys by sonic depth soundings carried out continuously and on long term discharge and sediment transport measurements in both rivers.

1. Einleitung

Die Errichtung von Staustufen in feststofführenden Flußläufen kann verschiedene Veränderungen der Gewässersohle zur Folge haben. Im oberen Teil des entstandenen Stauraums lagert sich infolge der verringerten Schubspannung Geschiebe ab. Wird die Geschiebezufuhr z. B. durch ein oberhalb gelegenes Wehr verhindert, kann am oberen Ende des Stauraums auch Material von der Sohle gelöst werden. Verursacht durch die Abnahme der Fließgeschwindigkeit in Richtung auf die Staustufe zu werden zugeführte Schwebstoffe hauptsächlich im unteren Teil des Stauraums abgelagert. Je nach Wasserführung in einzelnen Zeitabschnitten können abgelagerte Sedimente auch wieder abgetragen und umgelagert oder sogar resuspendiert werden. Haupteinflußfaktoren sind Geometrie und Linienführung des Stauraums, Wasser- und Feststoffzufuhr entsprechend den jahreszeitlichen Schwankungen sowie die Regelung an der Staustufe. Hier wird die Entwicklung der Stauraumsohle am Beispiel des Stauraums des Donaukraftwerks Jochenstein untersucht. In diesem Fall kommt als besondere Schwierigkeit das völlig unterschiedliche Abfluß- und Feststoffregime der oberhalb des Stauraums zusammenfließenden Flüsse Inn und Donau hinzu.

2. Geometrie und Linienführung

Das Kraftwerk Jochenstein wurde samt Wehr und Schleuse im Zuge des Ausbaus der Donau zur Wasserkraftnutzung im Dezember 1955 fertiggestellt. Der entstandene Stauraum ist in Abb. 1 dargestellt. Er erstreckt sich über eine Länge von rd. 16 km stromaufwärts von der bei Donau-km 2203,33 errichteten Staustufe. Die Mündung des Inn, des wichtigsten Nebenflusses der deutschen Donaustrecke, befindet sich bei Passau (Donau-km 2225).

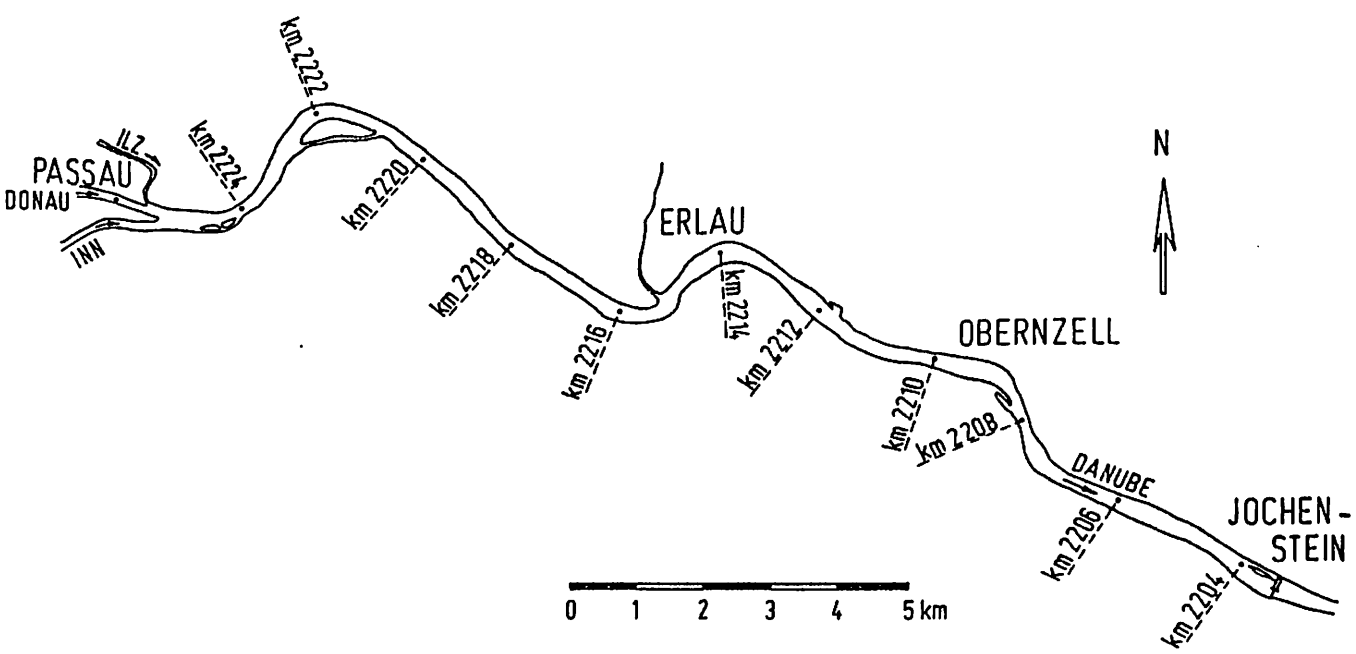


Abb. 1: Stauraum Jochenstein

Wie in Abb. 1 gezeigt handelt es sich bei dem Stauraum Jochenstein nicht um einen eigentlichen Stausee, sondern er weist eine langgestreckte Linienführung mit unterschiedlichen Querschnittsbreiten und einigen Krümmungen auf. Daher können Verlandungs- oder Ausräumungsvorgänge nicht gleichmäßig über den gesamten Stauraum verteilt stattfinden.

3. Hydrologische Abflußsituation

Die Donau oberhalb der Innmündung und der Inn weisen völlig unterschiedliche Abflußregime auf. Die Donau ist oberhalb der Innmündung durch eine relativ gleichmäßige Wasserführung gekennzeichnet. So beträgt der Abfluß bei Mittelwasser am Pegel Hofkirchen (Donau-km 2256,9) 638 m³/s und derjenige bei mittlerem Hochwasser 1.810 m³/s.

Ganz anders liegen die Verhältnisse für den bei Passau (Donau-km 2225,0) in die Donau einmündenden Inn. Er weist die typischen Merkmale eines Gebirgsflusses mit einer starken jahreszeitlichen Schwankungen unterliegenden Wasserführung und einer für mitteleuropäische Verhältnisse großen Menge zum weitaus größten Teil als Schwebstoffe mitgeführter Feststoffe auf. Über den Zeitraum von 1921 bis 1987 gemittelt beträgt der Mittelwasserabfluß des Inn beim Pegel Passau-Ingling (Inn-km 3,1) MQ = 737 m³/s, der Ablfuß bei mittlerem Hochwasser jedoch 2.950 m³/s. Während der erstgenannte Wert um rd. 100 m³/s oder 16 % über dem entsprechenden Abflußwert der Donau bei Hofkirchen liegt, weist das mittlere Innhochwasser einen um rd. 63 % höheren Wert als die Donau auf.

Am Pegel Achleiten (Donau-km 2223,1) beträgt der Mittelwasserabfluß 1.420 m³/s und der mittlere Hochwasserabfluß 4.110 m³/s. Somit hat der Inn den dominierenden Einfluß auf das Abflußregime der Donau unterhalb des Zusammenflusses.

4. Feststoffzufuhr

Der Eintrag von Geschiebe aus der Donau oberhalb der Innmündung wird durch die Staustufe Kachlet (Donau-km 2230,7) verhindert. Der Inn ist zur Wasserkraftnutzung vollständig mit einer Staustufenkette ausgebaut, durch die kein Geschiebetransport stattfindet, so daß auch vom Inn keine Geschiebezufuhr in den Stauraum Jochenstein erfolgt.

Die Schwebstofführung der Donau oberhalb der Innmündung ist realtiv gleichmäßig und weist nur geringe Änderungen über das Jahr auf. Die Donau führt dem Stauraum Jochenstein jährlich rd. 605.300 t Schwebstoffe aus dem Bereich oberhalb Passau zu. Untersuchungen der Stauräume des Inn zeigten, daß sie inzwischen einen morphologischen Gleichgewichtszustand erreicht haben und die zugeführten Schwebstoffe auf längere Sicht im wesentlichen durch die Innstauhaltungen durchtransportiert werden /1/ /2/. Im langjährigen Mittel führt der Inn dem Stauraum Jochenstein jährlich rd. 3.381.700 t Schwebstoffe zu, wie Messungen an der untersten Innstaustufe (Passau-Ingling) ergaben. Dies ist jedoch nur ein Mittelwert. Entsprechend den für Gebirgsflüsse typischen Abflußschwankungen und Hochwasserereignissen ist die jährliche Schwebstoffzufuhr des Inn in den Stauraum Jochenstein starken Schwankungen unterworfen (1983: 3.463.000 t, 1987: 8.238.000 t).

5. Entwicklung der Sohlaufhöhung im Stauraum

Seit Inbetriebnahme des Kraftwerks im Dezember 1955 wird die Veränderung der Stauraumsohle durch Echolotpeilungen kontrolliert. Dabei werden Querprofile im Abstand von 100 m aufgenommen. Aus dem Vergleich mit der jeweils letzten oder mit der ersten im Jahr 1956 durchgeführten Peilung lassen sich die in dem jeweiligen Zeitraum erfolgten Sohlhöhenänderungen ermitteln.

Daraus erhält man dann zusammen mit den jedem Querschnitt zugeordneten Sohlflächenabschnitten das abgelagerte oder abgetragene Feststoffvolumen im gesamten Stauraum oder auch nur auf einer Teilstrecke. Die Entwicklung der Aufhöhung der Sohle im gesamten Stauraum seit 1955 ist in Abb. 2 dargestellt.

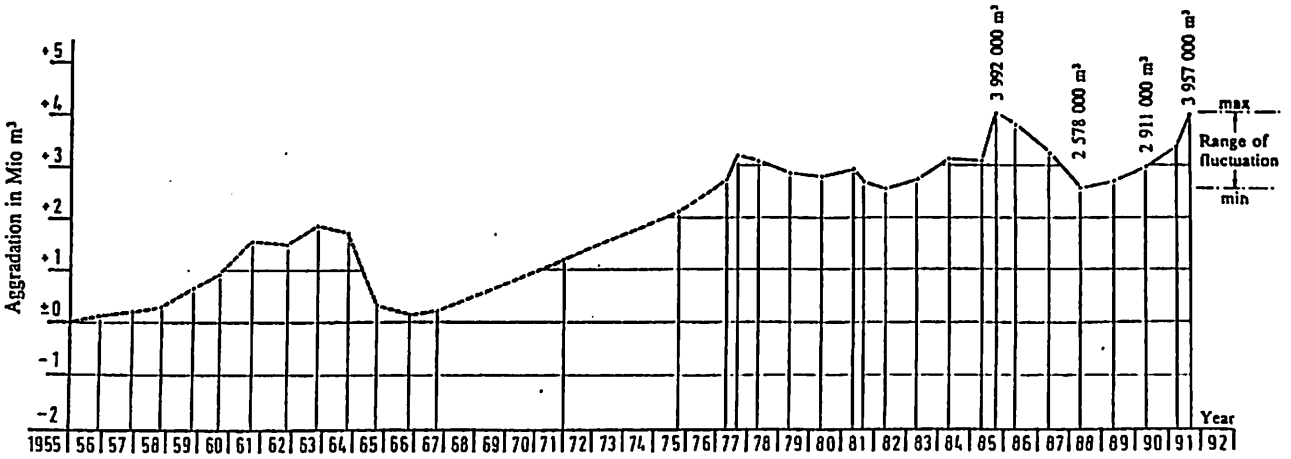


Abb. 2: Entwicklung der Sohlaufhöhung im Stauraum Jochenstein seit Dezember 1955

Danach ist seit dem Vollstau im Dezember 1955 eine Aufhöhung der Sohle um insgesamt 3.957.000 m³ erfolgt, d. h. im gesamten Stauraum haben sich 3.957.000 m³ Feststoffe abgelagert. Weiter ist festzustellen, daß seit etwa 1977 im Mittel über einen längeren Zeitraum gesehen keine weitere Sohlaufhöhung mehr erfolgt. Der Stauraum befindet sich also inzwischen in einem morphologischen Gleichgewichtszustand.

Die Sohlhöhe bleibt allerdings nicht konstant. Kurzfristig mit einem Innhochwasser eingetragene und abgelagerte Schwebstoffe führen zu Aufhöhungen der Sohle. Diese werden jedoch nach Durchgang der Hochwasserwelle durch die Strömung selbst wieder abgetragen. Die Verringerung der Querschnittsfläche durch Ablagerung wird durch die verringerte Rauheit der mit abgelagerten, feinkörnigen Schwebstoffe bedeckten Sohle kompensiert. Hierdurch und durch eine hydraulisch günstige Querschnittsgeometrie wird die Abtragung und Resuspension der abgelagerten Schwebstoffe begünstigt. Voraussetzung für diese automatische Regelung ist zum einen die langgestreckte, schmale Linienführung des Stauraums mit gegenüber Stauseen höheren Fließgeschwindigkeiten. Zum anderen muß sichergestellt sein, daß nur feinkörnige Schwebstoffe in den Stauraum gelangen können, das Geschiebe aber am oberen Ende des Stauraums abgetrennt wird. Die Ausräumung abgelagerter Schwebstoffe kann beschleunigt werden, wenn der Zufluß von der Donaustrecke oberhalb der Innmündung mit seiner geringeren Schwebstofffracht einen entsprechenden Anteil am Gesamtdurchfluß durch den Stauraum hat. Auf lange Sicht wird somit das Aufhöhungsvolumen nicht weiter zunehmen, es wird sich aber innerhalb eines Schwankungsbereiches zwischen etwa 2,5 und 4,0 Mio m³ bewegen.

6. Auflandung und Abtragung bei Hochwasserereignissen

Die bei Hochwasserereignissen ablaufenden Vorgänge werden am Beispiel eines Innhochwassers im August 1985 anhand der Entwicklung der Querschnittsflächen längs des Stauraums dargestellt. Im unteren Diagramm von Abb. 3 sind die jeweils auf denselben Wasserstand bezogenen Querschnittsflächen entlang des Stauraums für die Bettzustände mehrerer Jahre aufgetragen.

Grundlage der Flächenermittlungen waren zunächst die aus den Peilungen erhaltenen Querprofile. Die zugehörigen Wasserstände wurden aus einer Wasserspiegellinienberechnung für den mittleren Niedrigwasserstand ausgehend von einem Stauziel am Wehr von 290 m ü. NN für die verschiedenen Bettzustände erhalten. Alle Querschnittsflächen sind somit auf denselben Wasserstand bezogen. Daher kann aus dem Vergleich der Querschnittsflächen direkt auf Sohlaufhöhungen oder -eintiefungen geschlossen werden.

Im unteren Diagramm von Abb. 3 decken sich alle Flächenkurven mit Ausnahme derjenigen für Oktober 1985. Seit 1980 sind somit im Mittel keine wesentlichen Querschnittsänderungen infolge Verlandung mehr eingetreten. Nur die Flächenkurve für Oktober 1985 liegt unter allen anderen. Ablagerungen von mit dem Innhochwasser 1985 eingetragenen Schwebstoffen hatten also Querschnittsverkleinerungen zur Folge. Wie die wieder mit der Kurve von 1980 übereinstimmenden Flächenkurven von 1988 und 1990 zeigen, sind diese Ablagerungen inzwischen aber wieder abgetragen worden.

Dies wird auch im oberen Diagramm von Abb. 3 deutlich, wo sich die negativen Querschnittsflächenänderungen zwischen 1980 und 1985 und die positiven Änderungen zwischen 1985 und 1990 im Mittel ausgleichen. Wie drei ausgeprägte negative Spitzen der Flächenänderungskurve für den Zeitraum 1980 - 1985 zeigen, laufen diese Vorgänge längs des Stauraums entsprechend den lokalen Gegebenheiten unterschiedlich ab. Es können also in lokal begrenzten Bereichen durchaus Auflandungen entstehen, auch wenn sich der Stauraum als ganzes gesehen in einem morphologischen Gleichgewichtszustand befindet.

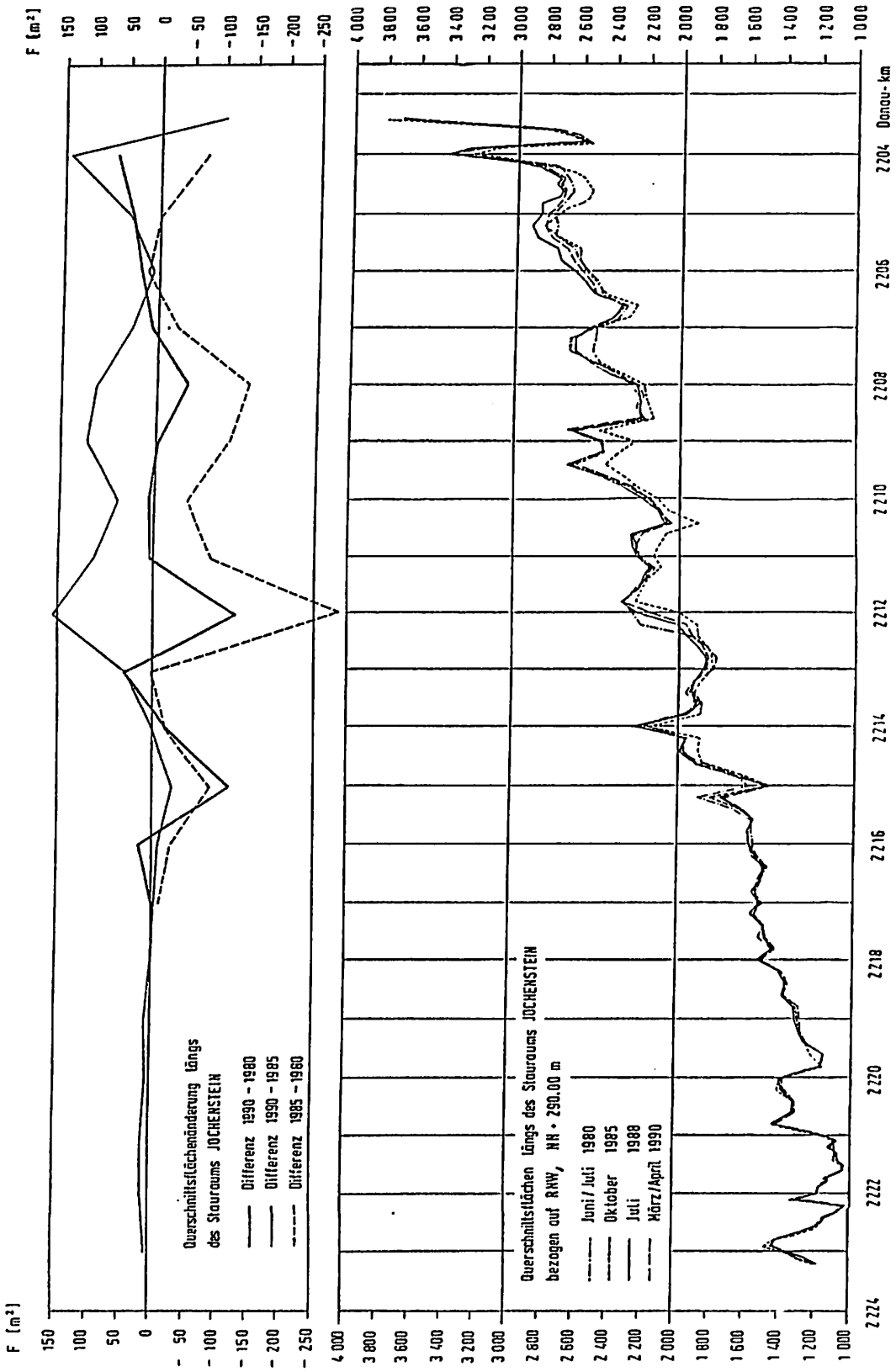


Abb. 3: Querschnittsflächen im Stauraum Jochenstein

Literaturverzeichnis

/1/ HACK, H.-P.: Die Verlandung der Stauhaltungen des Inn am Beispiel der Innstufen Ering-Frauenstein und Egglfing-Obernberg, die Talsperren Österreichs, Heft 28, 1985

/2/ HACK, H.-P.: Langzeiterfahrungen in der Behandlung der Sedimentfracht beim Betrieb der Wasserkraftanlagen des Inn, 4. DVWK-Fortbildungslehrgang Technische Hydraulik, Berechnung des Feststofftransportes für die Ingenieurpraxis, München - Neubiberg, 19.04. - 21.04.1989

Anschrift des Verfassers

Dipl.-Ing. Martin Vetter, BDir Dipl.-Ing. Heinz Engel
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15 - 17
D - 5400 Koblenz

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

DIE VORHERSAGE DER MORPHOLOGISCHEN ÄNDERUNGEN IM ALTEN DONAUFLUSSBETT NACH DER FERTIGSTELLUNG DES WASSERKRAFTWERKES GABCIKOVO

ПРОГНОЗ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В СТАРОМ РУСЛЕ ДУНАЯ ПОСЛЕ ВВЕДЕНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ГИДРОУЗЛА ГАБЧИКОВО

PROGNOSIS OF MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE OLD CHANNEL OF THE DANUBE RIVER AFTER THE COMPLETION OF THE GABCIKOVO HYDROELECTRIC POWER PLANT

M. Bacik, J. Topolska & M. Lukac
М. Бачик, Й. Топольска, М. Лукач

Kurzfassung: Der vorgelegte Beitrag beschreibt die Vorhersageergebnisse der morphologischen Änderungen für den 31 km langen Abschnitt des Donauflußbettes unterhalb des Wasserkraftwerkes Gabcikovo. Zur Vorhersage wurde ein eindimensionales mathematisches Modell angewandt. Zur Berechnung des Geschiebetransportes wurde die Formel von Meyer-Peter mit den auf der untersuchten Flußstrecke durch direkte Messungen ermittelten konstanten Werten benutzt. Die Ergebnisse zeigen Ganglinien, die die Verformung des alten Donauflußbettes sowie die durch Sohlenerosion bzw. durch Sedimentation des transportierten Geschiebes beinflußten Wasserstände wiedergeben.

Резюме: В статье дается прогноз морфологических изменений участка старого русла Дуная длиной 31 км после введения в эксплуатацию Габчиково. При составлении прогноза была использвана математическая модель. Прогноз был дан на 50 лет. Расход наносов вычислялся на основе Майера Петера с параметрами, полученными после измерений на этом участке. Результатом рассчетов является картина деформаций старого русла Дуная и уровней воды, изменяющихся в результате эрозии дна или аккумуляции наносов.

Summary: The results of a prognosis of the morphological changes in a 31 km long old Danube river reach, which occurred after the Gabcikovo power plant was put into operation, are discribed in the paper submitted. A one-demensional mathematical model was used. The prognosis time was 50 years. The Meyer-Peter equation with coefficients based on the direct measurings was used for bedload discharge computation. The results of modelling present the deformations of the old Danube river bed and hydrographs of the water level, influenced by river bed erosion or sedimentation of the transported bedload.

1. Einleitung

Das Grundschema der Wasserkraftanlage Gabčíkovo ist allgemein bekannt (Bild 1). Durch das Talsperren der Donau im Flusskilometer 1842 wird ein Staubecken entstehen, dessen gestauter Wasserspiegel bis zum Bratislava reichen wird. Aus dem Staubecken führt neben dem linken Ufer ein 25,2 km langer Derivationskanal. Im 17 km des Kanals befindet sich die Stufe Gabčíkovo mit dem Wasserkraftwerk (8 Turbinen mit der Gesamtleistung 720 MW) und zwei Schiffahrtsschleusen. Der Derivationskanal mündet bei Palkovičovo im Fkm 1811.288 in die Donau ein. Von dem Wehr Hrušov - Dunakiliti bis zur Einmüdung des Derivationskanals bei Palkovičovo wird eine 31 km lange Strecke des alten Donauflussbettes bleiben. Auf dieser Strecke fliesst die Donau durch das Gebiet, das aus grossen Schichten von Alluvionanlandungen gebildet wird. Der gegenwärtige Zustand stellt das Resultat von uneinheitlichen und zeitgemäss verschiedenen Flussregulierungen dar. In der Vergangenheit entwickelte sich die Strecke vom Fkm 1841 bis zum Fkm 1800 unter dem Einfluss von Verlandung, wobei sich die Sohle järlich im Durchschnitt um cca 2,4 - 2,7 cm erhölt hat. Am Anfang der 50 Jahre hat diese Entwicklung aufgehört. Dies entstand im Zusammenhang mit der Inangriffnahme der intensiven Baggernarbeiten. Das Regulierungs - und Industriebaggern dauerte bis zum Anfang der 80 Jahre, nach dem Jahre 1983 wurden diese Arbeiten beträchtlich beschränkt, Die Baggerung verursachte doch die Senkung des niedrigen Regulierungs - und Schiffahrtwasserspiegels. Auf der Strecke vom Fkm 1842 bis zum Fkm 1811 betrug diese Senkung 0,35 m im Durchschnitt [4]. Die maximale Senkung des niedrigen Regulierungswasserspiegels von 0,83 m befand sich im Fkm 1830.

Die Wasserspiegelseinsenkung auf der Strecke des alten Donauflussbettes ist eine negative Erscheinung. Die Donau, infolge der Höhenlage ihres Flussbettes im Bezug zum anliegenden Gebiet, beeinflusst im bedeutsamen Mass das Grundwasserspiegelsregime auf einem grossen Teil der Schüttinsel. Daneben übt sie auch einen Einfluss auf die Dynamik des Wasserregimes in den Nebenarmsystemen und im Überflutungsgebiet aus. In der Gegenwart gelingt das Wasser in Nebenarmensysteme erst ab dem Durchfluss über 2500 bis 2700 m^3s^{-1}, wobei der mittlere Durchfluss Q_a 2044 m^3s^{-1} erreicht. Ähnlicherweise wurden im Vergleich mit der Vergangenheit die Vorkommenwahrscheinlichkeit der Überflutungen und ihre Dauerzeit reduziert.

Nach der Inbetriebsnahme des Wasserkraftwerkes Gabčíkovo wird sich das Durchflussregime auf der Strecke des alten Flussbettes wesentlich ändern. Während eines vorwiegenden Teils des Jahres wird im alten Flussbett nur der ökologische Durchfluss EQ durchfliessen. Nur während der Hochwässer wird sich der Durchfluss im alten Flussbett erhöhen. Bei dem Hochwasser mit der Vorkommenswahrscheinlichkeit einmal in hundert Jahren $Q_{0,61}$ = 11 000 m^3s^{-1} wird im dem alten Donauflussbett etwa Q = 6 875 m^3s^{-1} durchfliessen. Schon bei niedrigeren Durchflüssen wird in der ganzen Strecke des alten Flussbettes zu einer intensiven Geschiebebewegung kommen. Das Flussbett wird einer weiteren Entwicklung unterworfen. Nach dem Anlass des Staubeckens Hrušov-Dunakiliti wird noch dazu der Geschiebezuschuss aus den stromaufwärts liegenden Donaustrecken aufhören. Die ganze Ge-

schiebemenge wird sich in dem Staubecken ablagern [2]. Diese Bedingungsänderungen werden sich offensichtlich auf die weitere morphologische Entwicklung des alten Donauflussbettes auswirken.

2. Lösungswerfahren

Für die Vorhersageausarbeitung der Entwicklung des alten Donauflussbettes wurde das mathematische Modell STACON angewandt. Es ist ein eindimensionelles mathematisches Modell, das das Grundgleichungssystem (die Kontinuitätsgleichung der Wasserbewegung, die dynamische Gleichung und die Kontinuitätsgleichung für die Geschiebebewegung) mittels der expliziten Methode löst [1]. Die Lösung in dem mathematische Modell ist getrennt. In jedem Zeitschritt Δt werden zuerst die hydraulischen Parameter berechnet. Darauf folgend werden die Mengen des Geschiebetriebs bestimmt und gelöst. Die Berechnung des folgenden Zeitschritts wird schon unter den veränderten Flussbettparametern durchgeführt, in der Abhängigkeit von der Entwicklung der Deformationen.

In dem mathematischen Modell STACON ist es möglich, die Berechnungsmethode der Geschiebefürung zu wählen. Man kann entweder eine der Berechnungsmethoden nach den Korngrössefraktionen wählen oder Methoden anwenden, in den die Geschiebemischung durch die Grosse eines bestimmten Korndurchmessers charakterisiert wird (zum Beispiel d_{35}, d_{50}, d_m). Die Wahl der Methode hängt immer von den konkreten Bedinungen auf dem untersuchten Flussabschnitt. In den gegebenen Bedinungen schlecht oder unrichtig angewandte Methode kann die erreichten Ergebnisse beträchtlich verzerren.

An der tschecho-slowakischen und tschecho-slowakisch- ungarischen Donaustrecke wurden in den 50. Jahren gründliche Erforschungen des Geschiebetriebsregimes durchgeführt. Die Forschungsergebnisse haben die Zuverlässigkeit der Gleichung von Meyer-Peter bestätigt. In der Originalversion von Meyer-Peter 's Gleichung betragen die Konstantenwerte A = 0,047 und B = 0,25 [3]. Aufgrund der Auswertung der Ergebnisse der erwähnten direkten Messungen wurden diese Werte präzisiert. Für den Donauabschnitt zwischen Fkm 1870 ~ 1821 gilt A = 0,041 und B = 0,28. Für den folgenden Abschnitt von Fkm 1821 bis zum Fkm 1805 ist A = 0,0412 und B = 0,24. Flussabwärts von Fkm 1805 wurden die Werte A = 0,0415 und B = 0,20 bestimmt [5].

Die Eintrittsdaten für das mathematische Modell wurden durch Querschnittsätze und Korngrössekurven des Bodenmaterials gebildet. Die Querprofile wurden in den Entfernungen von 100 bis 200 m situiert. Sie wurden nach den im Jahre 1989 durchgefürten Messungen hergestellt. Die Korngrössekurven wurden aus den Grundlagen von VITUKI Budapest konstruiert. Das Bodenmaterial wurde in den Donauquerprofilen, die intereinander im Durchschnitt 800 m entfernt waren, abgenommen. Die Korngrössekurven für die Berechnungsprofile des mathematischen Modells wurden durch die Interpolation ermittelt. Auf der Modellstrecke beträgt der durchschnittliche Wert des massgebenden Korns d_m = 17,3 mm, wobei der maximale Durchmesser ist d_m = 30,7 mm im Fkm 1829,247 und der minimale d_m = 9,1 mm im Fkm

1809,282.

Die Vorhersage der morphologischen Entwicklung des alten Donauflussbettes wurde für den Zeitraum von 50 Jahren bearbeitet. Die Durchflussganglinie wurde aus der Reihe der mittleren täglichen, an der Donau in den Jahren 1901 bis 1989 gemessen Durchflüsse, ermittelt. Aus diesem Zeitraum wurden 50 ganze hydrologische Jahre ausgewählt, deren Wasserführung laut den Kriterien des hydrologischen Dienstes als mittelmässig bis ausserordentlich hoch geschäzt wurde. In solchen Jahren verläuft die Geschiebebewegung intensiver und die Flussbettentwicklungsprocesse äussern sich ausdrucksvoller.

Das mathematische Modell erfordet die unteren und oberen Randbedinungen. Der untere Rand des mathematischen Modells wurde flussabwärts von dem untersuchten Abschnitt des alten Donauflussbettes, in das Pegelprofil Medveďov im Fkm 1805,430 plaziert. Hier wurden die Randbedinungen $h = f(Q)$ und $Q = f(Q,h, v,i_e,d_m)$ festgelegt. Der obere Rand wurde in das Profil des Wehres Hrušov-Dunakiliti im Fkm 1842 situiert. Hier waren die Randbedinungen $Q = f(t)$ und $Q_s = 0$.

Das Modell wurde den fixierten Donauwasserspiegeln gemäss kalibriert und verifiziert. Dazu wurden die Messungsergebnisse aus Jahren 1986 und 1987 benüzt. Aufgrund dieser Angaben wurden dann die Rauhigkeitsbeiwerte (Koefficienten) für einzelne Abschnitte bestimmt. Die Richtigkeit der Kalibration wurde durch die gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und berechneten Wasserspiegeln während des Hochwassers am 6.8.1991 bestätigt. Damals hat die Donau in Bratislava bei $Q = 9\ 600$ m^3s^{-1} und in Medveďov bei $Q = 8\ 380$ m^3s^{-1} kulminiert.

Während der Hochwässer wird durch das Wehr Hrušov-Dunakiliti in das alte Flussbett Q_{SD} übergeleitet :

$$Q_{SD} = Q_{BA} - Q_{MaD} - Q_{MoD} - Q_{Gab}$$

hier bedeutet : Q_{BA} Durchfluss in Bratislava, Q_{MaD} und Q_{MoD} die in die Kleine Donau und in die Mosoni Donau durchgelassene Durchflüsse und Q_{Gab} Durchfluss durch die Stufe Gabčíkovo. In dem altem Flussbett wird während eines Hochwassers der Durchfluss Q_{BA}, vermindert um etwa 4 125 m^3s^{-1}, durchfliesen. Bei Palkovičovo wird sich diese Menge um $Q_{Gab} = 4\ 000$ m^3s^{-1} erhöhen. Diese Teilung der Durchflüsse wurde bei dem Modellieren berücksichtig.

3. Vorhersage der Entwicklung des alten Donauflussbettes

Mit Hilfe des mathematischen Modells STACON wurde die Vorhersage der morphologischen Entwicklung des alten Donauflussbettes ausgearbeitet. Der Forschritt der Deformationen des alten Flussbettes ist auf dem Bild 2 dargestellt. Der Durchstich flussabwärts unter dem Wehr Hrušov-Dunakiliti wird ausgespült werden, die Sohle wird durchschnittlich um 0,5 bis 0,7 m sinken. Auf dem anknüpfenden Donauabschnitt wird sich eine Ablagerung bilden und ihre Dicke wird schrittweise +0,8 m erreichen. Flussabwärts vom Fkm 1838 wird sich die Sohle schrittweise um

etwa 1,1 m ausspülen. Auf dem folgenden Abschnitt werden die Sohlenänderungen das Ausmass von ± 1 m nicht überschreiten.

Erst bei dem sogennanten Bagomerbogen (im bereich von Fkm 1814 bis 1812) werden schrittweise grössere Sohlendeformationen entstehen. Im allgemeinen werden hier Sohlenerosionstrends überwiegen. Der maximale Wasserriss wird sich bei Fkm 1813,4 bilden und dieser wird schrittweise bis 3 m Tiefe erreichen. Dieser Flussabschnitt ist heutzutage, nach der durchgeführten Niederwasserregulierung, relativ stabil. Während der Hochwässer wird er sich doch offensichtlich deformieren. Auf dem folgenden Flussabschnitt wird sich eine mässige Ablagerung bilden.

Zur Lösung der Fragen der Feuchtigkeitsregimeänderungen auf den überfluteten Gebieten und des Grundwasserregimes war es notwendig, den Einfluss der Flussbettdeformationen auf die Wasserspiegeländerungen zu quantifizieren. Die Modellierungsergebnisse haben nachgewiesen, dass die Änderungen keinen bedeutungsvollen Umfang erreichen werden. Bei den niedrigen Durchflüssen ist der Einfluss der Flussbettdeformationen auf die Wasserspiegel doch offensichtlich. Zum Beispiel, die Wasserspiegeländerungen werden bei dem Durchfluss im alten Flussbett $Q = 600\ m^3s^{-1}$ im Vergleich mit dem gegenwärtigen Zustand ± 0,4 m lokal nicht überschreiten, aber die Wasserspiegel werden sich auf der ganzen Strecke ändern. Mit den steigenden Durchflüssen wird sich der Einfluss der Flussbettdeformationen auf die Wasserspiegelganglinie verlieren (Bild 2).

Die Vorhersage der morphologischen Entwicklung hat erwiesen, dass sich der Abschnitt des alten Donauflussbettes nach der Inbetriebnahme des Wasserkraftwerkes Gabčíkovo nicht offensichtlicher deformieren wird. Die technischen Massnahmen, wie zum Beispiel der Ausbau von Sohlenquerschwellen oder Wehren zum Aufstau der Wasserspiegel bei niedrigen Durchflüssen, würden noch zur Stabilität dieses Abschnittes beitragen. Diese Massnahmen sind zwar für das alte Donauflussbett selbst nicht nötig, sie solten doch zur Lösung der Probleme des anliegenden Gebietes beitragen.

Literaturverzeichnis

[1] Bačík,M. - Lahoda,R. : Matematické modelovanie morfologického vývoja tokov. Práce a štúdie č. 117. VÚVH Bratislava, 1989. (Mathematisches Modellieren der morphologischen Flussbettentwicklung)

[2] Bačík, M. - Topoľská, J. - Kálnová, V. - Lukáč, M. : Prognóza zanášania zdrže Hrušov-Dunakiliti splaveninami. Záverečná správa. VÚVH Bratislava, 1991 (Die Vorhersage der Verlandung des staubeckens Hrušov-Dunakiliti durch das Geschiebe)

[3] Meyer-Peter, E. : Quelques problèmes concernant le chariage des matières solides dans les rivières alpines et subalpines. La Houille Blanche № B, 1949.

[4] Stančíková, A. - Bačík, M. : Analýza doterajšieho morfologického vývoja starého koryta Dunaja a prognóza zmien pri dlhodobej prevádzke VD Gabčíkovo. Záverečná správa. VÚVH Bratislava, 1991. (Die Analyse des bisherigen morphologischen Entwicklung des alten Donauflussbettes und die Vorhersage der Änderungen während des langfristigen Betriebs der Wasserkraftanlage Gabčíkovo)

[5] Szolgay, J. : Úprava česlo-slovenského úseku Dunaja vzhľadom na hydrologický výskum splavenín a plavenín. Práce a štúdie č. 21. VÚVH Bratislava, 1964. (Die Regulierung des tschechoslowakischen Donauflussbettes hinsichtlich der hydrologischen Untersuchung von Geschiebe- und Schwebestoffbewegung)

[6] Szolgay, J. : Rečim splavenín a plavenín na Dunaji vo vzťahu k súčasnej úprave. VÚVH Bratislava, 1964. (Das Geschiebe- und Schwebestoffregime der Donau bezüglich der gegenwärtigen Regulierung)

Anschrift des Verfassers

Martin Bačík, Jana Topoľská, Miroslav Lukáč
Forschuhgsanstalt für Wasserwirtschaft
nábr.armg.gen. Svobodu 5
812 49 Bratislava, ČSFR

BILD 1: GRUNDSCHEMA DES WKW GABČÍKOVO

Рис. 1: Ситуация гидроузла Габчиково

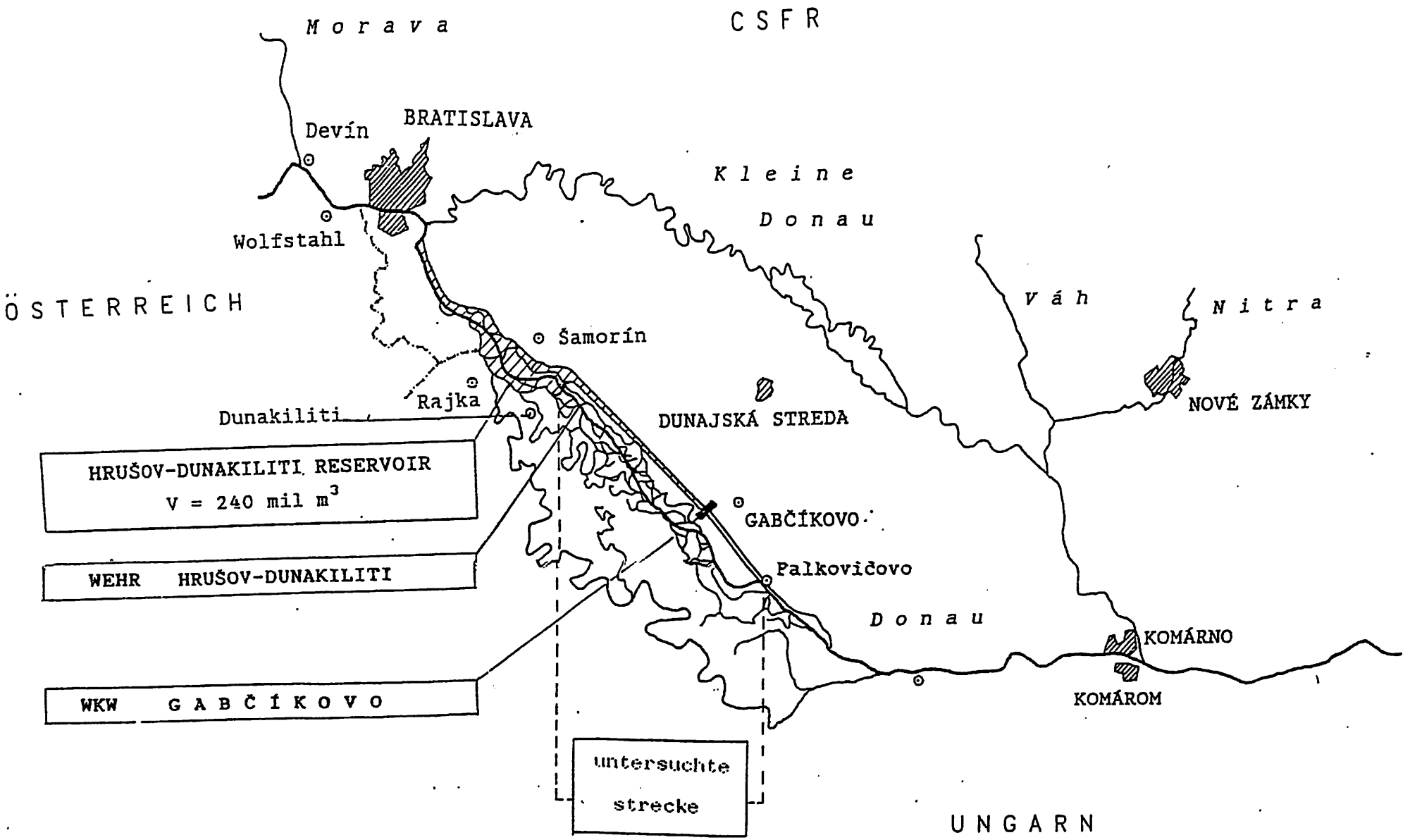
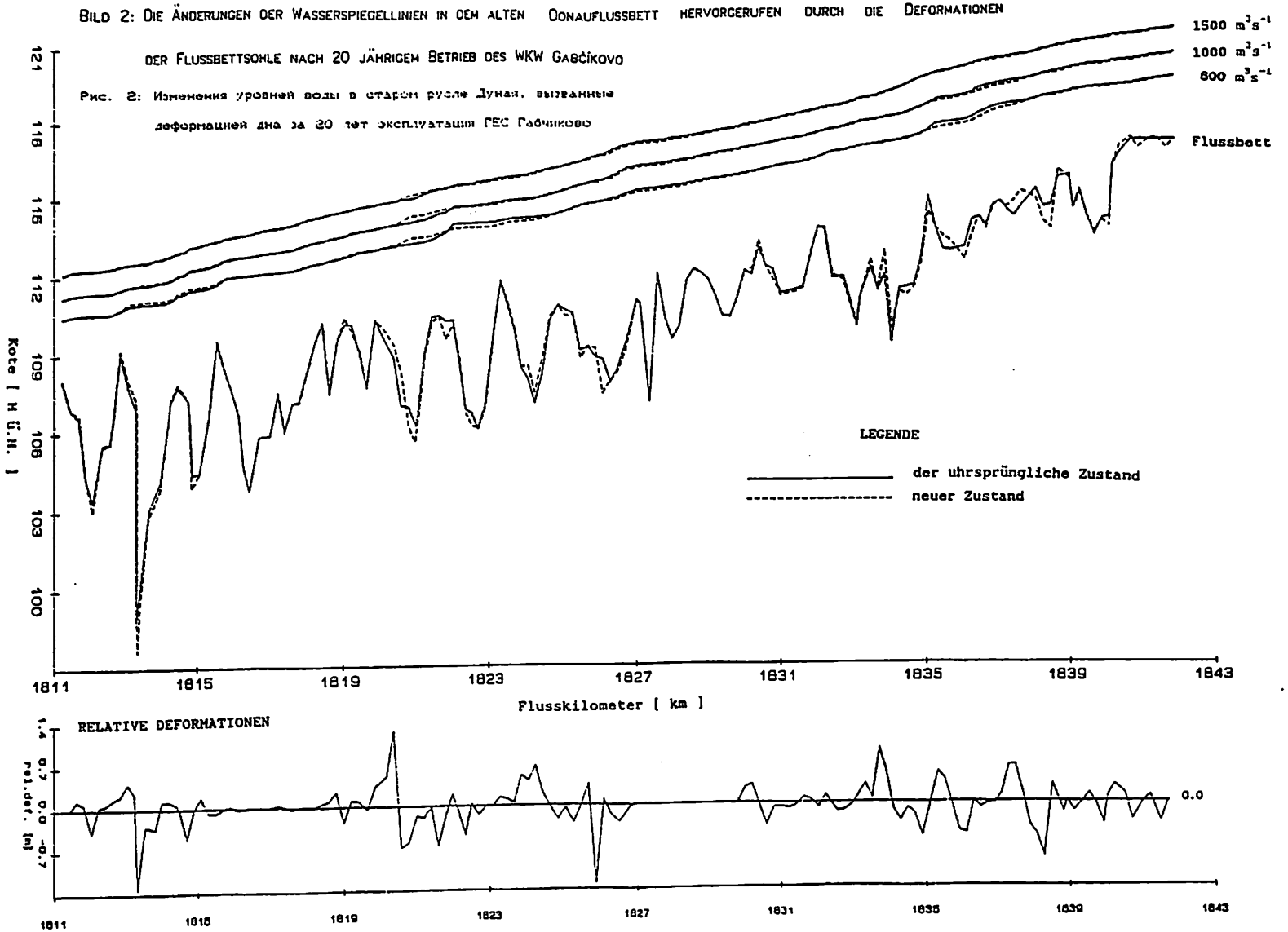


Bild 2: Die Änderungen der Wasserspiegellinien in dem alten Donauflussbett hervorgerufen durch die Deformationen der Flussbettsohle nach 20 jährigem Betrieb des WKW Gabčíkovo

Рис. 2: Изменения уровней воды в старом русле Дуная, вызванные деформацией дна за 20 лет эксплуатации ГЭС Габчиково



XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

ВЛИЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩА ГЕС МРАТИНЕ К ИЗМЕНЕНИЮ РЕЖИМА ТРАНСПОРТА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ НА ПРОФИЛЕ ВС ФОЧА МОСТ НА РЕКЕ ДРИНА

DER EINFLUSS DES WASSERSPEICHERS DES WASSERKRAFTWERKES MRATIN'E AUF DIE ÄNDERUNGEN DES SCHWEBSTOFFTRANSPORTS IM PROFIL DER STATION FOCA - MOST AN DER DRINA

ABOUT THE IMPACT OF THE MRATIN'E RESERVOIR ON THE VARIATION OF THE SUSPENDED LOAD TRANSPORT REGIME IN THE PROFIL OF THE STATION FOCA - MOST AT THE RIVER DRINA

Э. Купусович, А. Ходжич
E. Kupusovic & A. Hodzic

Резюме: Созданием водохранилища образуются условия для осаждения взвешенных наносов вдоль водоема и для измения транспортной способности водотока вниз по тичению. В результате проведенного анализа исследования взвешенных наносов в части профиля вниз по течению возможно получить определенные выводы изменений режима, причем получаемые выведенные значения анализа указывают о количестве оставших в водохранилище взвешенных наносов.

Kurzfassung: Beim Bau eines Wasserspeichers entsteht eine veränderte Schwebstoffablagerung entlang des Wasserspeichers und eine Änderung im Schwebstofftransport im unterhalb gelegenen Flußabschnitt. Durch die Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen im Flußprofil unterhalb des Wasserspeichers kann über die Variation des Abflußregimes die Schwebstoffmenge, die im Wasserspeicher verbleibt, bestimmt werden.

Summary: When a reservoir is created a process of suspended load sedimentation along the reservoir and a change of transportation capacitiy of the downstream flow occurs. By analysing the results of the suspended load testing in the downstream profile, the suspended load, which remains in the reservoir can be assessed by the variation of the regime.

1. ВВЕДЕНИЕ

Среди отрицателъных эффектов, появбление которых боэможно ожидатъ по выполнении строителъства водохранилища на водотоке, непременно появляются и нарушения в режиме наносов. Уже известно, что до этого прохидит процесс осаждения взвешенных наносов вдолъ водохранилища, причем к режиму изменения транспорта взвешенных наносов в части вдолъ по течению водотока также оказывает блияние и режим работы установки на выходе иъ водохранилища.

Оценка оставшегося количества наносов во водохранилище в определенный период времени всегда является интересным и важным ъначением, в частности в условиях до начела строителъства водохранилища. Речъ идет о том, что указанное значение возможно исполъзоватъ при выполнении расчетов, с окончателъной целъю получения оптималъного решения; т.е. наличии получаемых резулътатов начатъ эксплуатацию.

Сагласно получаемым сведениям авторов в рамках проекта ГЭС Мратине на реке Пива, вопрос взвешенных наносов не расматривался в отделъности. Анализом резулътатов исследования взвешенных наносов в части профиля вниэ по течению ВС ФОЧА-мост после пярнадцатилетнего периода работы гидроэлектростанции возможно получитъ определенные выводы об изменении режима транспорта взвешенных наносов, причем значения получаемые в резулътате анализа указывают на количество взвешенных наносов, оставших в водохранилище.

2.1. ВОДОСБОРНЫЙ БАССЕЙН РЕКИ ДРИНА. ВВЕРХ ПО ТЕЧЕНЮ ОТ г. ФОЧА

Водоток Дрина образуется цоединением р. Пива и р. Тара. Характеристики водосборного бассейна обеспечивают рекам Пива и Тара охватывание прибл. 40% от общего количества вод р. Дрина, несмотря на то, что в их состав входит всего 20% водосборного бассейна. Данный бассейн отличается также и значителъными падениями (уклонами и до 50%), чем обусловлена скорая концентрация значителъного количества паводок. На рис.1 указывается графический приказ верхнего течения р. Дрина вместе с планом местности и продолъным профилем.

Болъшое значение гидроэнергетического потенциала сделало р. Дрина оченъ интересным водотоков в хозяйственной части; решением вопроса выравнивания воды созданы условия для строителъства ГЭЦ Мратине на р. Пива.

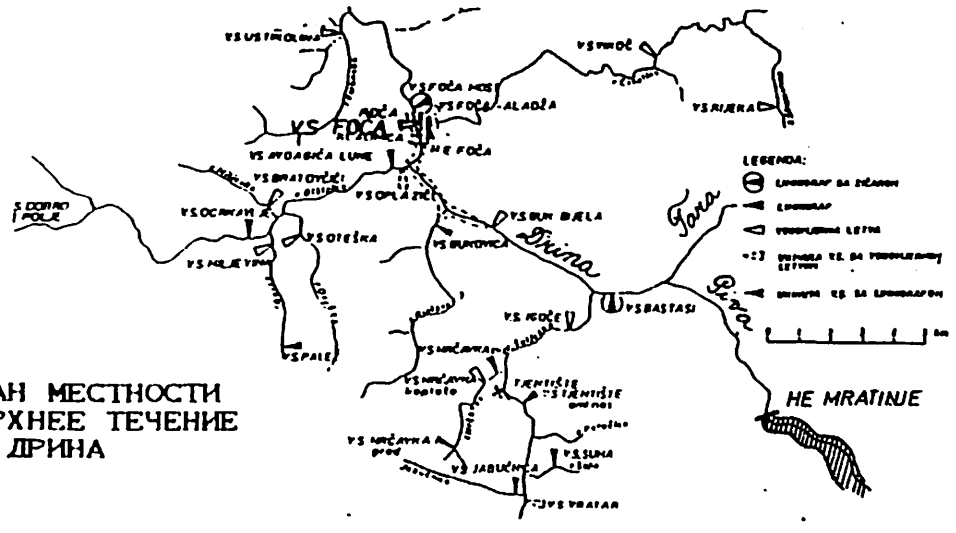
В гидротехнической практике р. Дрина уже известна как оченъ мутная. Автор Чеботарев ("Техник" Строителъная книига Белград, 1989. г.) в свом распределении по категориям мутности естественных водотоков, реку Дрина описывает как "реку с оченъ слабой мугностъю".

2.2. ВОДОМЕРНАЯ СТАНИЯ (ВС) ФОЧА-МОСТ

На ВС Фоча-мост характерно, что она создана еше б 1890. г. Начиная с 1957. г. уровенъ воды записыватся с помошъю лимниграфа; в 1970. г. установлена канатная дорога для нужд измерения паводок. Взвешенные наносы неоднократно замерялисъ в периодах: 1965-1971. г., 1982-1983. г., 1988-сегодня.

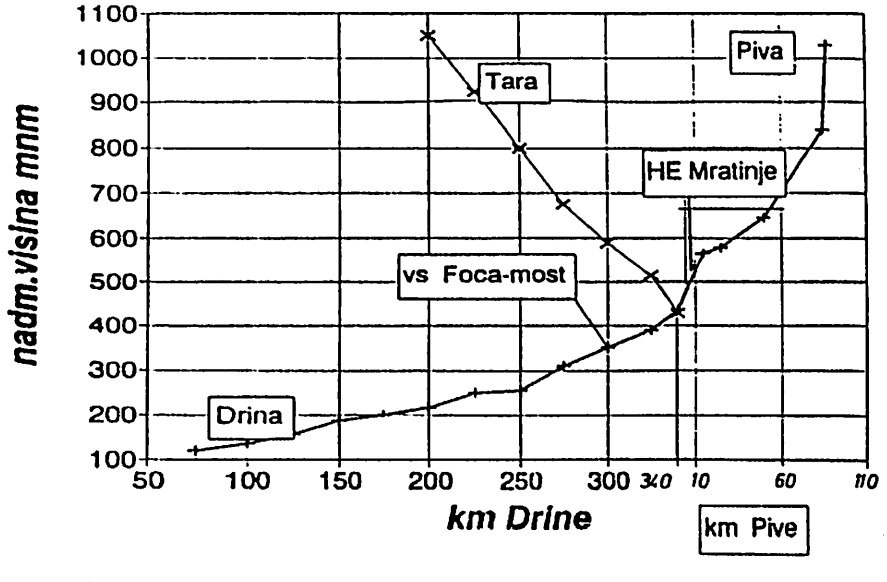
- поверхностъ водосбоного бассейна 5446 km^2
- средний годовой расход 212 m^3/c
- мин. годовой расход 16.1 m^3/c
- макс. годовой расход 3162 m^3/c

Рис. 1



ПЛАН МЕСТНОСТИ
ВЕРХНЕЕ ТЕЧЕНИЕ
р. ДРИНА

ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ р. ДРИНА,. р. ПИВА,. р. ТАРА



2.3. СИСТЕМА ГЭС МРАТИНЕ

2.3.1. ГЭС МРАТИНЕ

- поверхность водосборного бассейна — 1757.7 km²
- к-во осадок во водосборном бассейне (в среднем) — 1750 mm/год.
- годовой расход на профиле плотины (в среднем) — Qsr=74.4 m³/c
- паводки на профиле плотины — Q(0.01%)=1900m³/c

2.3.2. ВОДОХРАНИЛИЩЕ

- отметка уровя воды в водохранилище (норм.)	675.0
- отметка самого низкого рабочего уровня	595.0
- общий объем	$V_{br}=880 \times 10^6 m^3$
- полезный объем	$V_н=790 \times 10^6 m^3$
- выравнивание воды	790/2350=33.5%

2.3.3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ДАННЫЕ О ПРОИЗВОДСТВЕ

- установленный расход	$Q_и=3 \times 80\ м^3/с$
- соотношение	$Q_и/Q_{иср}=3.23$
- годовое кпроизводство (в среднем)	860 GWh
- в т.ч. пиковой энергии	795 GWh

2.3.4. НАНОСЫ

При отсутствии измерений и с учетом уже упомянутой оченъ слабой мутности реки Дрина бозможно предположитъ, что тот же самое относится и к реке Пива. Слабая мутностъ (кроме в случаях резкой мутности, образуемой в резулътате болъшего количества осадок) является особенностъю водотоков, дренирующих в основном известковые водосборные бассейны с выразителъной кастрификацией. Геологические исследования, выполненные для нужд строителъства плотны ГЭС Мратине показали, что в состав геологического грунта возле перогородного профиля входят тр. известняк, частично доломиты, потом в основном плотные и здровые породы с высокими физико-механическими свойствми. ГЭС Мратине обладает болъшим водоемом и плоным годовым выравниванием. Согласно производственным данным видимо, что ГЭС в основном выпускает пиковую энергию. В резулътате, возможно вывести заключение о относителъно продолжителъном сохранении воды во водохранилище, т.е. что существуют соответствующие условия для осаждения взвешенных материалов в водохранилище.

3. ИЗМЕНЕНИЯ В РЕЖИМЕ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ НА ПРОФИЛЕ ВС ФОЧА-МОСТ

В рамкках определения так называемого "нулевого" состояния бсех сушественных параметров, характериъирующих количественно - качественный режим воды во водосборном бассейне реки Дрина до Вишеграда, выполняемого в целях изучения всех отрицателъных явлений в резулътате строителъства водоема Вишеград - охвачен и анализ режима взвешенных наносов на различных профилях.

Данный профилъ является оченъ интересным при учете неоднократного выполнения на профиле ВС Фоча-мост на реке Дрина.

ВС Фоча-мост расположена приблизителъно 50 км бниз по течению от пер. профиля ГЭС Мратине. Наполнение данного водохранилища начало в конце 1975. г. Согласно получаеым сведениям авторов не выполнялисъ предварителъные прогнозы заполнения водохранилища. Для нужд учета измений в режиме транспорта взвешенных наносов реки Дрина в связи с наполнением и эксплуатацией данного водохранилища интересно рассмотретъ ъначения переноса бзвешенных наносов до и после наполнения. Данное обеспечивается исследованиям на профиле ВС Фоча-мост.

Корреляционная зависимостъ экспоненциалъной формы между средними месячными расходами воды и средними месячными переносами взвешанных наносов определяется при учете измерений в период 1966-1971 г.г. и составляет:

$$G = 0.00728\ Э^{2.127250} \qquad p = 0.90 \quad (1)$$

Уравнение (1) отражает зависимостъ в условиях до наполнения водохранилища Мратине. На рис. 2 дано графическое изображение данной зависимости.

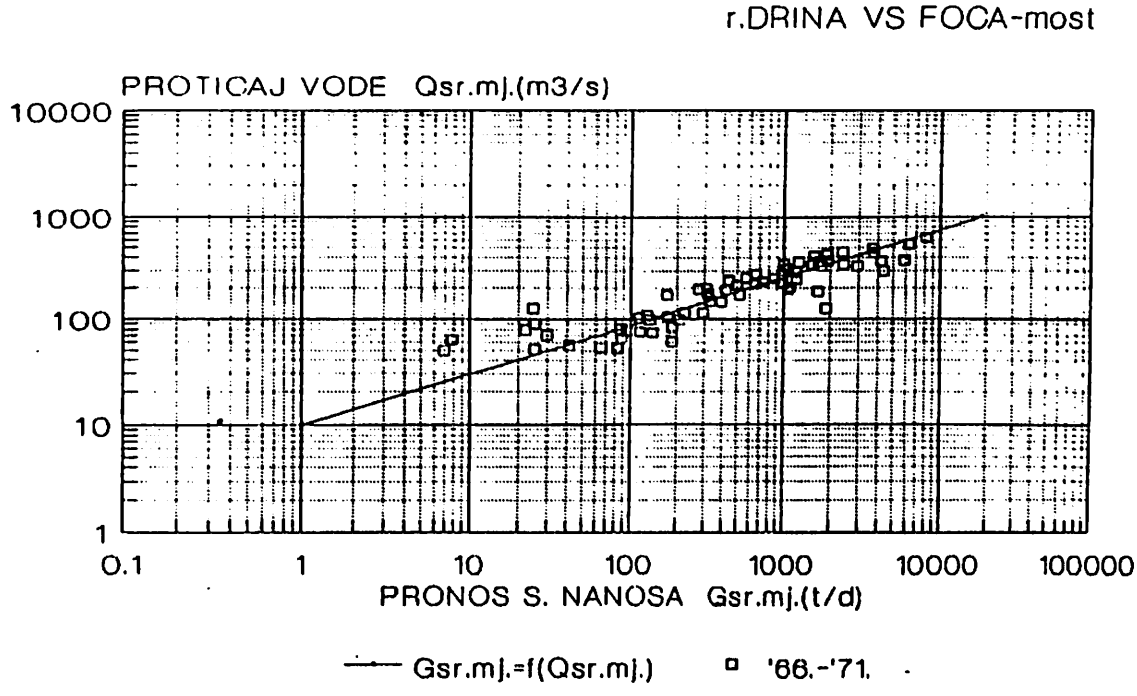
Зависимостъ, оформлена при учете измерений согласно периодам исследований 1982-1983 г и 1988-1989:

$$G = 0.071704\ Q^{1525358} \qquad r = 0.68 \quad (2)$$

относится к условиям после наполнения водохранилища, (рис. 3).

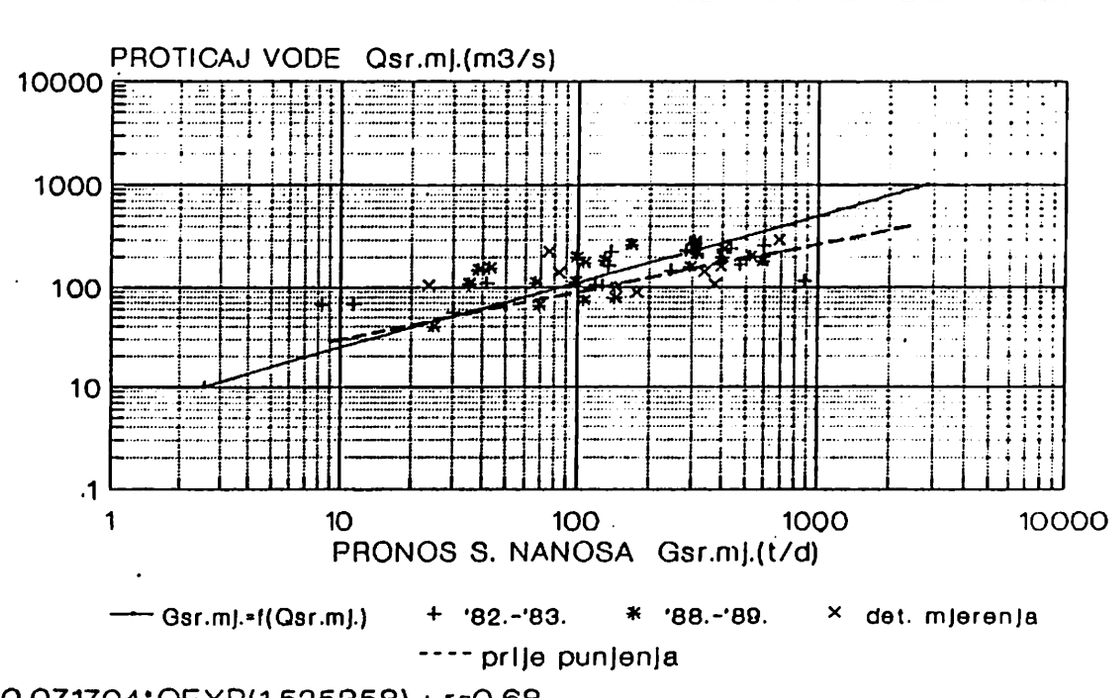
Следователъно, измерения указывают твердую связъ между расходом воды и взвешанными наносами на профиле ВС Фоча-мост в период до наполнения, т.е. нарушенную зависимостъ по наполнению водохранилища Мратине. На режим, установленный по выполнению строителъства водохранилища характерно что, расходы воды на ВС Фоча-мост, значения которых превышают 45 м^3/с - переносы взвешанных наносов на тот же самом профиле уменъшаются по сравнению к количеству переносов взвешанных наносов до режима наполнения озера.

Рис 2.
ЛИНИЯ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ СР. МЕС. РАСХОДАМИ ВОДЫ
И СР. МЕС. ПЕРЕНОСАМИ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ



G=0.007276*QEXP(2.127250) ; r=0.90

Рис 3.
ЛИНИЯ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ СР. МЕС. РАСХОДАМИ ВОДЫ И СР. МЕС. ПЕРЕНОСАМИ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ



G=0.071704*QEXP(1.525358) ; r=0.68

Согласно рис. 1, между водохранилищем Мратине и ВС Фоча-мост на реке Дрина расположены также и станции Бастаси, Бук Биела и Фоча- кланица. На профилях указываемых станиций также выполнялись исследования взвешенных наносов. Но, данные исследования относятся к периоду после выполнения строительства ГЭС Мратине поскольку речь идет о периодая 1982-1983 и 1988-1989 г.г., т.е. невозможно провести анализ влияния водохранилища к режиму транспорта взвешенных наносов на указанных профилях. По выполнению балансирования значений общего годового переноса взвешенных наносов на участке течения Бастаси-Фоча мост в период исследования 1988-1989 г. на станциях, располагаемых вверх по течению получаются значения на профиле Фоча-мост. При этом, необходимо учесть что, при выполнении расчета переноса наносов на профилях Бастаси, Бук Биела и Фоча-кланица использованы значения суточных концентраций в точке "Ст"., пока в расчетах на ВС Фоча-мост использваны средние значения "С "sr.е. осуществлялась коррекция значений суточного образца.

В случае наличия правилъно определенного низа средних годовых расходов воды зависимостъ средних месячных расходов.наносов и воды.возможно использоватъ для продления низа значений общего годового преноса взбешенных наносов на профиле.

Применением уравнения (1) к низу ср.годовых расходов на период 1926-1975 г.г. и уравнения (2) к значениям на период..1976-1989 г. получаем низ с возможностъю его последующего использования для ..статистических нужд (таблица 1). В данном случае указаны толъко срединие значения низа общего годового переноса взвешанных наносов на период.до наполнения водохранилища., также средние значения низа, относящегося к периоду, после наполнения водохранилища. Данные значения составляют:
T1 = 265216t и T2 = 97846t, согласно табл. 2.

ТАБЛИЦА 1

r.DRINA VS FOCA-most

Godina (1)	Srednji god. proticaj vode (2)	Srednji god. pronos susp.nanosa (3)	Ukupno godisnje (4)
	Q(m3/s)	G(t/d)	Tgod(t)
1926	214	660	240746
1927	236	812	296458
1928	177	440	161204
1929	244	872	318244
1930	214	660	240746
1931	216	673	245557
1932	183	473	173050
1933	201	577	210697
1934	189	506	184837
1935	201	577	210697
1936	225	734	268568
1937	311	1461	533224
1938	176	435	158837
1939	201	577	210697
1940	229	762	278826
1941	271	1090	397850
1942	221	706	257807
1943	166	384	140252
1944	287	1231	450716
1945	251	926	337980
1946	171	409	149392
1947	207	615	224302
1948	181	462	169052
1949	165	379	138461
1950	199	565	206263
1951	223	720	262795
1952	251	926	338906
1953	172	414	151256
1954	180	456	166615
1955	294	1296	473127
1956	197	553	202431
1957	176	435	158837
1958	218	686	250419
1959	202	583	212934
1960	249	910	333188

(1)	(2)	(3)	(4)
1961	166	384	140252
1962	229	762	278065
1963	257	974	355399
1964	246	887	324706
1965	223	720	262795
1966	209	739 *	269633
1967	187	735 *	268371
1968	210	1201 *	439551
1969	206	899 *	327974
1970	274	2100 *	766325
1971	203	1097 *	400507
1972	177	440	161204
1973	163	370	134915
1974	217	679	247982
1975	165	379	138461
1976	204	239	87506
1977	250	326	119002
1978	273	373	136099
1979	298	426	155561
1980	264	354	129669
1981	219	266	97241
1982	158	162	59098
1983	148	232 *	84680
1984	212	254	92794
1985	176	191	69670
1986	200	232	84670
1987	170	181	66080
1988	167	212 *	77592
1989	156	196 *	71540
PROSJECNA VRIJEDNOST	211	625	228161

Tsrednje god.=228161 t

x - значения ср.год.переноса определены при учете измерения концентрации. Значения без обозначения /*/ определены

период.1926-1975.г.г. уровн. G =0.007276 QEXP(2.127250)
период.1976-1989.г.г. уровн. G =0.071704 QEXP(1.525358)

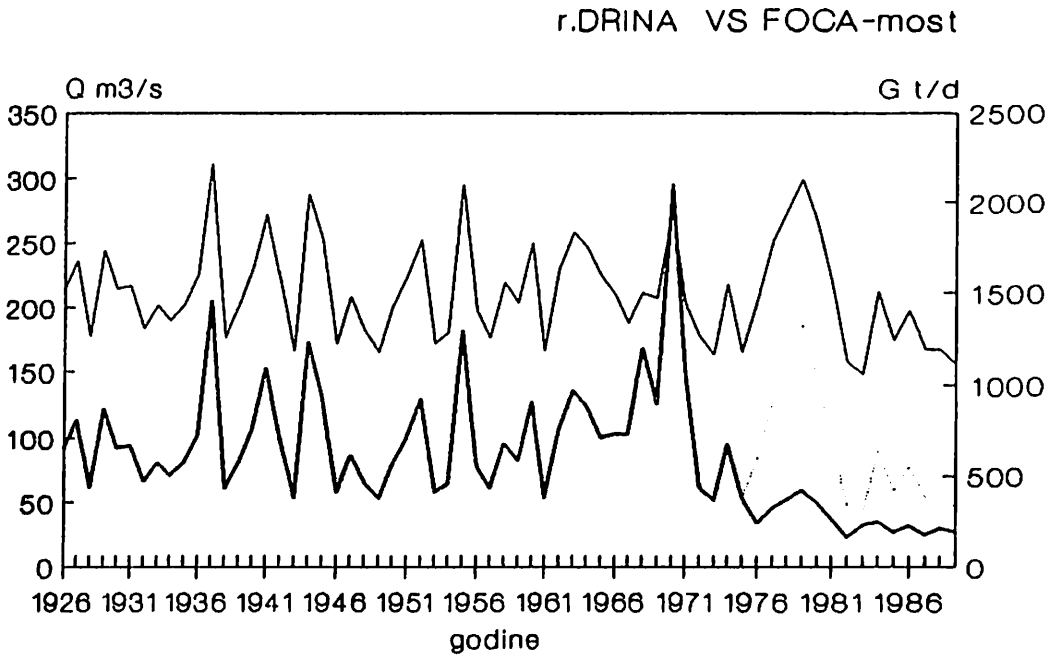
ТАБЛИЦА 2

Период.	Среднее значение		
	Ср.год. расход воды	Ср.год. расход наносов	Общий год.расход нан.
	Q (m^3/c)	(T/сут.)	T (т)
1926-75	212.6	726.6	265209
1976-89	206.8	260.3	95086

Значения согласно таб. 2 подтверждают что, водохранилище Мратине влияет к уменьшению общего переноса взвешенных наносов.

Применением уравнения (1), отражающего зависимость между расходом воды и переносом взвешеных наносов до наполнения водохранилища к значению ср. мея. расходов воды на период после 1976 г. получаем значения общего переноса взвешенных наносов (теорет.), которые возможно использовать для выведения заключения о количествах переносов взвешенных наносов рекой Дрина, через профиль Фоча-мостар в естественых условиях - рис. 4 Разница таким образом получаемых количеств и количеств с помощью которых оценивается фактический перенос взвешеных наносов через профиль ВС Фоча-мост может быть использована для рассматривания оставших количеств в водохранилище вверх по течению.

Рис. 4
ДИАГРАММА СР. ГОД. РАСХОДОВ И СР. ГОД. ПЕРЕНОСОВ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ



—— Q ср. год. —— G ср. год. ..... без водохр. Мратине

Если предположим, что условия течения на участке между пр. профилями ФЭС Мратине и ВС Фоча-мост существенно не изменились к наполнению водохранилища, и что на данном участке нету значителъного образования взвешенных наносов, тогда возможно производить прямое сравнивание на профиле ВС Фоча-мост количеств общего переноса взвешенных наносов к количествам оставшим в водохранилице. В самом деле... в так предполагаемых условиях разницу $T^* = 2762701$ возмфжно рассматривать как верхнюю границу интервала, внутри которого входит и значение количества оставших в водохранилище взвешенных наносов на период 1976-8 г. г. Фактическая полъ этого значения получается при его сравнивании к объему водохранилища. С помощью принятого значения плотностинаноса $\rho(c) = 1.30$ (т/м^3) количество $T^* = 2762701$ т возможно выразить через объем $V = 2125155$ м^3, что составляет 2.4% общего объема.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование режима взвешанных наносов требует долгосрочной и постоянной работы. Следовательно, иногда и после неоднократных измерений невозможно вывести надежные заключения. Хотя на реке Дрина быполнялись испытания взвешенных наносов в течение нескольких периодов исследования, только анализом результатов измерений на профиле ВС Фоча-мост было возможно результате стkроительства ГЭС Мратине. Результаты настоящей работы направляют к относительно неболъшим количествам швзвешенный наносов, оставших в настоящем водохранилище.

При этом, в исследовательских периодах 1982-1983 г. и 1988-1989 г. выполнен целый ряд измерений наносов; но в этих периодах времени не было паводок, следовательно, невозможно было получитеъ надежные результаты о наносах в водохранилище Мратине беъ продолжения измерения и сравнивания к съемке в водохранилище Мратине, посколъку существует возможностъ уменъшения эррозии в естественных водосборных бассейнах (Тара, Сутеска, Дрина) до г.Фоча.

5. ЛИТЕРАТУРА

/1/ Энергетические возможности и водохозяйственные вопросы Дрины - Энергопроект Белград, 1968. г.

/2/Совещание о строительстве ГЭС Мратине (Сообщения). г.Никшич, мая, 1974 г.

/3/Влияние водохранилища Вишеград к прибрежным краям г.Горажде - гидрологические исходные данные (согласно дополнению). Институт строительных наук в г.Сплит, 1983 г.

Адреса автора

Esena Kupusović i Alija Hodžić

Republički hidrometeorološki zavod BiH

Hadži Lojina 8

71000 Sarajevo, Yugoslavia

7.9

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИВАЮЩИХСЯ СИСТЕМ ВОДОТОКОВ ДЕЛЬТЫ ДУНАЯ

В.Ф.Полонский, П.С.Гранич, А.В.Сафронова

РЕЗЮМЕ: Для прогнозирования развития русловой сети и перераспределения стока в дельте Дуная составлена и параметризована математическая модель с использованием полуэмпириче ских зависимостей изменения гидравлико-морфометрических характеристик русел и устьевых баров дельтовых водотоков от определяющих факторов: с помощью метода Рунге-Кутта и гидравлического расчета по шагам времени определяются изменения параметров русел и устьевых баров и перераспределение стока в русловой сети дельты. Выполнен вариантный прогностический расчет развития Килийской дельты Дуная на перспективу 30 лет.

MATHEMATICAL MODEL OF DEVELOPING DANUBE DELTA'S BRANCHES SYSTEMS

SUMMARY: For the prediction of river channel net development, water and sediments discharge redistribution in the Danube delta a mathematical model is worked out and parameterized. Using semi-empirical dependences of hydraulical-morphometrical characteristics of deltaic branches and river bars on the determinating factors and Runge - Kutt's method, by hydraulical calculation by time steps channels and bars characteristics' changes and waterflow redistribution in the delta are estimated. The forecasting calculation for different variants of Chilia delta's development for the perspective 30 years has been made.

MATHEMATISCHES MODELL FUR DIE SYSTEMENTWICKLUNG FUR WASSERLAUFE IM DONAUDELTA

KURZFASSUNG: Zur Vorhersage des Entwicklungsganges des Flussbettnetzes und der Neuverteilung des Wasserabfluss im Donaudelta wurde ein mathematisches Modell ausgearbeitet und in Parameteren dargestellt. Mit der Ausnutzung der halbempirische Abhängigkeit der Veränderung der hydraulisch-morphologische Charackteristike der Deltaflussbette und der Mündungbarre der Deltawasserströme vor der Determinantefaktoren mit Hilfe von der Runge-Kutte Methode und der hydraulische Berechnung nach den Zeitspannen werden sich die Flussbett - und Mündungbarreparameter und Neuverteilung des Wasserabfluss im Deltaflussbettnetz festgestellt. Es wurde eine variante Prognoseberechnung des Entwicklungsganges Kiliadelta für die Perspektive 30 Jahre ausgeführt.

Эволюция наиболее динамичных элементов дельты Дуная - русловой сети и морского края - проявляется во взаимодействии двух процессов: перераспределения стока воды и наносов по водотокам и русловых деформаций (отмирании и активизации рукавов и их устьевом удлинении). Эти процессы развиваются под влиянием внешних речных и морских факторов (стока Дуная и режима Черного моря) и управляются внутренними закономерностями. свойственными развитию русловой сети дельты и процессу дельтообразования.

Анализ динамики русловой сети дельты Дуная показал, что смежные системы дельтовых водотоков, выходящих к морю, активизируются, как правило, поочередно и циклично. При этом преимущественное развитие получают рукава, выходящие на приглубые участки устьевого взморья. За продолжительность цикла принимается промежуток времени между двумя последовательными фазами максимальной активизации русловой системы. Продолжительность цикла перераспределения стока между наиболее крупными основными системами дельтовых водотоков - Георгиевский, Сулинский, Килийский (рис.1) - составляет несколько столетий. В относительно молодой Килийской дельте выдвижения (около 250 лет) продолжительность цикла перераспределения стока между системами ее основных рукавов составляет 100-150 лет (рис.2). В более мелких частных системах, расположенных ближе к морскому краю Килийской дельты, продолжительность циклов уменьшается до нескольких десятков лет, а в русловых ложбинах на устьевых барах - до нескольких лет. В последние 120 лет в дельте Дуная отмечается, во-первых, медленное перераспределение стока воды между основными рукавами - Килийским, Тульчинским, Сулинским и Георгиевским - стимулируемое комплексом гидротехнических мероприятий в Сулинском рукаве [*1, 3*], а во-вторых, более интенсивное перераспределение стока по рукавам Килийской дельты. Выправление (спрямление излучин) и дноуглубление дельтовых рукавов и устьевых баров, а также сооружение устьевых каналов на устьевом взморье влияют на перераспределение стока и на ход дальнейших

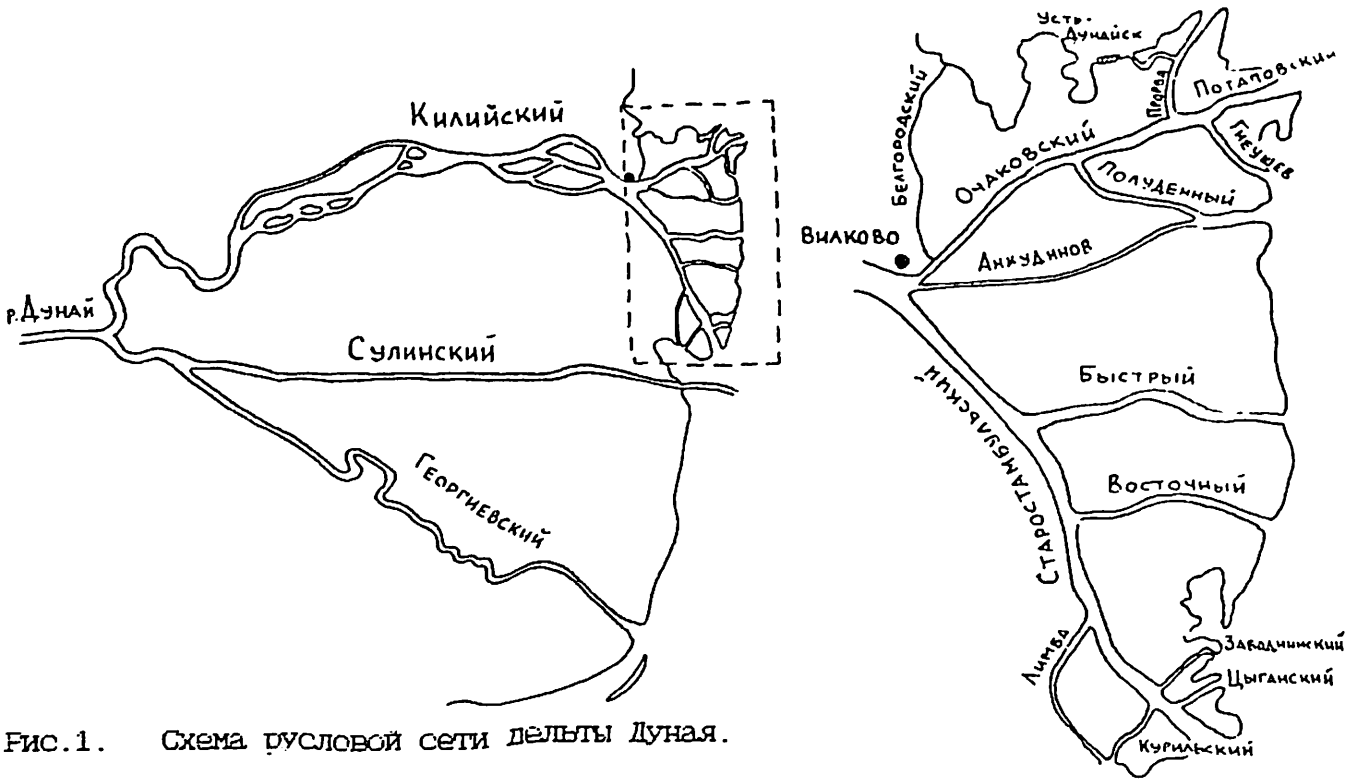


Рис.1. Схема русловой сети дельты Дуная.

Fig.1. Scheme of the Danube delta channel's net.

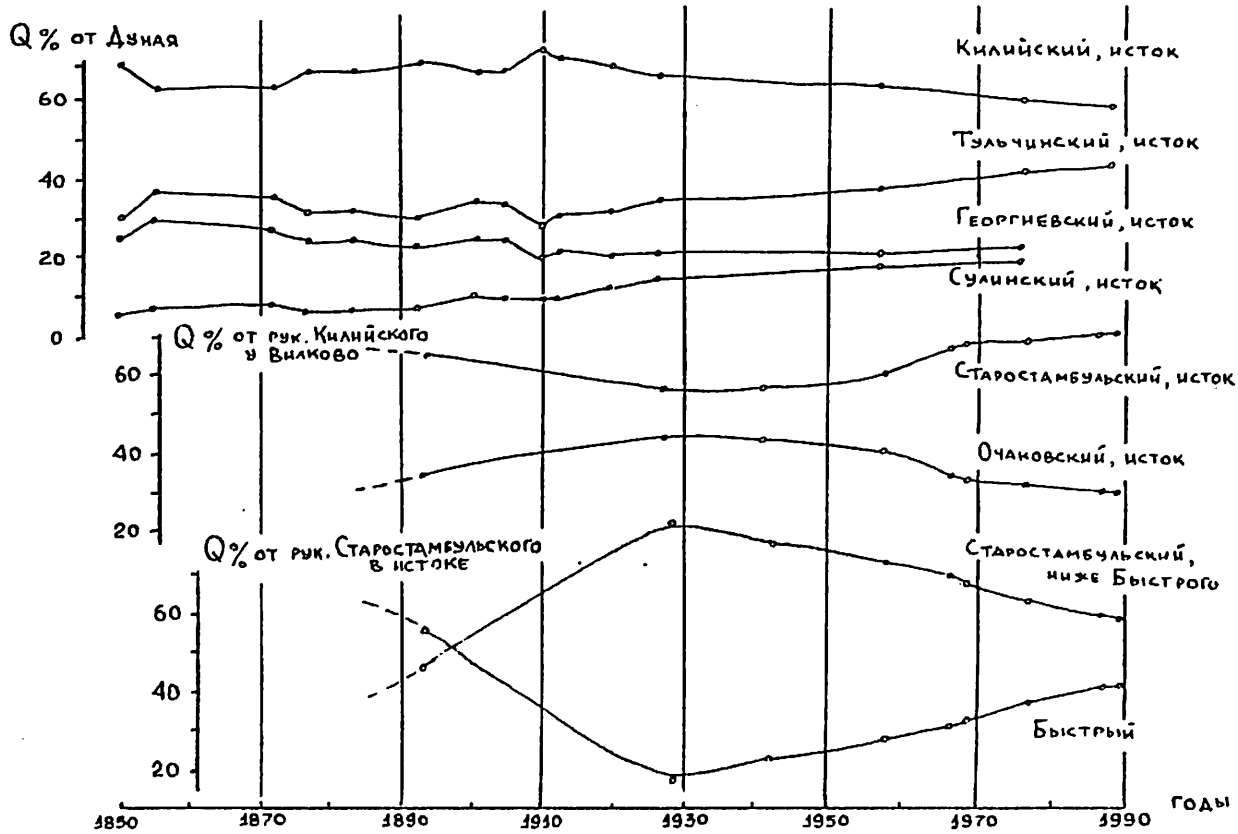


Рис.2. Исторический ход перераспределения стока между основными рукавами в дельте Дуная (1) и системами дельтовых водотоков: 2 – в вершине Килийской дельты. 3 – в Старостамбульской системе.

Fig.2. Historical trend of waterflow redistribution between the main branches in the Danube delta (1) and delta branches systems: 2 – at Chilia delta's top. 3 – in Starostambulskaya system.

гидролого-морфологических процессов в дельтах рек тем существеннее, чем больше масштаб этих работ (искусственное изменение пропускных способностей выправляемых участков русел и устьевых баров). Обоснованный выбор оптимальных вариантов гидротехнических мероприятий в дельте реки невозможен без учета их последствий.

В настоящее время в северной части Килийской дельты Дуная поддерживается судоходство "река-море" с выходом в море через устье рукава Прорва (рис. *1*). В *1979* г. из рукава Прорва к аванпорту Усть-Дунайск прорыт соединительный канал. Его длина намного меньше, чем длина участка Прорвы ниже истока канала. Поэтому соединительный канал активно развивается, размываясь и увеличивая свою долю стока. В данной работе представлены результаты численных экспериментов с использованием персональной ЭВМ IBM PC-AT на основе разработанной В.Ф.Полонским модели [*4*] по прогностическому расчету перераспределения стока и развития водотоков Килийской дельты Дуная на перспективу *30* лет. С учетом долгопериодности исследуемых процессов и представлений о руслоформирующих расходах воды дельтовых водотоков [*2*] расчетный шаг по времени Δt составлял один год.

Для успеха прогностических расчетов требуется:

1. Установление по натурным данным начального распределения стока в дельте, морфометрических характеристик русел и устьевых баров дельтовых водотоков, калибровка их гидравлических сопротивлений [*6*].

2. Параметризация зависимостей для расчета изменений во времени этих характеристик и устьевого удлинения водотоков. Она предусматривает повторные натурные измерения соответствующих характеристик и ретроспективный количественный анализ их изменений совместно с определяющими факторами (сток воды и наносов, морское волнение, уровень моря, рельеф дна взморья).

3. Прогнозирование условий на верхней границе дельты (сток воды и наносов) и на нижней границе (ветро-волновые условия, колебания уровня моря).

Алгоритм и программа расчетов включают следующие основные операции.

1. Организация файлов, содержащих исходные гидравлико-морфометрические характеристики участков дельтовых водотоков: среднюю глубину (h_i), ширину (B_i), длину (l_i) участков дельтовых водотоков, их коэффициенты шероховатости (n_i), профили дна взморья и лобового склона устьевого бара, зависимости удельного потока энергии волнения от глубины на взморье, параметры зависимостей для расчета длины бара и глубины над его гребнем.

2. Модули гидравлических сопротивлений этих участков вычисляются по формуле

$$F_i = l_i n_i^2 / B_i^2 h_i^{10/3} . \qquad (1)$$

В процессе расчета на каждом шаге по времени распределение стока в дельте определяется с учетом модулей сопротивления участков дельтовых водотоков "Методом разделения сопротивлений сливающихся систем дельтовых водотоков" [*5*].

3. Для расчета по шагам времени морфометрических характеристик дельтовых водотоков с применением метода Рунге-Кутта используются зависимости их приращений от определяющих факторов – текущих значений этих характеристик (B , h) и руслоформирующих расходов воды водотоков (Q):

Для глубин сформировавшихся русловых участков водотоков

$$\Delta h / \Delta t = a_1 - a_2 \omega / Q^{5/6} , \qquad (2)$$

где a_1 и a_2 – положительные размерные коэффициенты.

Для ширин сформировавшихся русловых участков водотоков

$$\Delta B / \Delta t = b_1 - b_2 \omega / Q^{5/6} , \qquad (3)$$

где b_1 и b_2 – положительные размерные коэффициенты.

Для ширин несформировавшихся предбаровых участков (формы раструба) быстро выдвигающихся в море водотоков, где доминируют направленные процессы сужения потока и консолидации русла

$$\Delta B'/\Delta t = b_3 - b_4 B'/Q^{1/2} \quad , \tag{4}$$

где b_3 и b_4 – положительные размерные коэффициенты.

В любой расчетный момент средняя глубина на этих участках определяется из соотношения $h' = \omega / B'$, где h' и B' – глубина и ширина предбарового участка, ω – площадь поперечного сечения на вышележащем сформировавшемся участке русла. После того, как значение B' становится равным B, предбаровый участок включается в сформировавшийся участок русла и расчет для него продолжается по формулам (*2*), (*3*).

Ширина русла в устьевом створе определяется по эмпирической зависимости от руслоформирующего расхода воды

$$B_y = b_5 Q^{1/2}, \tag{5}$$

где b_5 – размерный коэффициент.

Для устьевого удлинения водотоков (выдвижения гребня устьевого бара) [*4*]

$$\Delta l/\Delta t = c_1 r_y (T - c_2) / T H_к \quad , \tag{6}$$

где $r_y = R_y / B_y$ – средний годовой удельный расход наносов в устьевом створе водотока (R_y – средний годовой расход наносов); $T = r_y I_б / E I_м$; E – средний годовой удельный поток энергии волнения у основания лобового склона устьевого бара; $H_к$ – высота конуса выноса водотока; $I_б$ – уклон лобового (морского) склона бара; $I_м$ – эталонный уклон дна взморья, определялся как отношение глубины у основания лобового склона бара к расстоянию от берега до этой глубины по профилю соседнего с устьем участка береговой зоны, не искаженного конусом выноса водотока.

При расчете устьевого удлинения водотоков для определения на каждом этапе расчета величин T и $H_к$ используются аппроксимации профилей дна взморья, лобового склона устьевого бара, зависимостей E от глубины взморья, а также метод итераций.

4. Длина устьевого бара $l_{бк}$ в конце каждого расчетного шага Δt определяется по формуле вида

$$l_{бк} = K_1 Q^{7/15} \rho^{-5/9} \tag{7}$$

в случаях, когда алгебраическая сумма длины в начале шага $l_{бн}$ и устьевого удлинения (укорочения) Δl в течение шага Δt больше или равна рассчитанному по формуле (*7*) значению $l_{бк}$. Если эта сумма меньше, то $l_{бк}$ рассчитывается по формуле

$$l_{бк} = l_{бн} + \Delta l \ . \tag{8}$$

Причем, если алгебраическая сумма (*8*) меньше или равна нулю, принимается $l_{бк} = 0$. Глубина в стоковой ложбине на гребне устьевого бара рассчитывается по формуле

$$h_б = K_h Q^{16/45} \rho^{4/27} \ , \tag{9}$$

где ρ – средняя годовая мутность воды; K_l и K_h – размерные коэффициенты пропорциональности – определяются по значениям T с использованием аппроксимации графиков зависимостей $K_l = f_1(T)$, $K_h = f_2(T)$.

В результате расчетных операций на каждом временном шаге определяется распределение расходов воды в русловой сети дельтовых водотоков при руслоформирующем расходе воды Дуная, морфометрические характеристики расчетных участков руссл водотоков, длина и глубина устьевых баров.

В нашем численном эксперименте просчитаны два варианта развития Килийской дельты Дуная: *1*) Естественное развитие существующей русловой сети – искусственное поддержание судоходных глубин в устье и на баре рукава Прорва прекращено; *2*) Развитие Килийской дельты при существующей русловой сети и поддержании проектных проходных глубин 7,2 м в русле и на баре рукава Прорва.

Расчеты показывают, что поддержание судового хода через рукав Прорва существенно изменяет перспективу процессов перераспределения стока в Килийской дельте Дуная

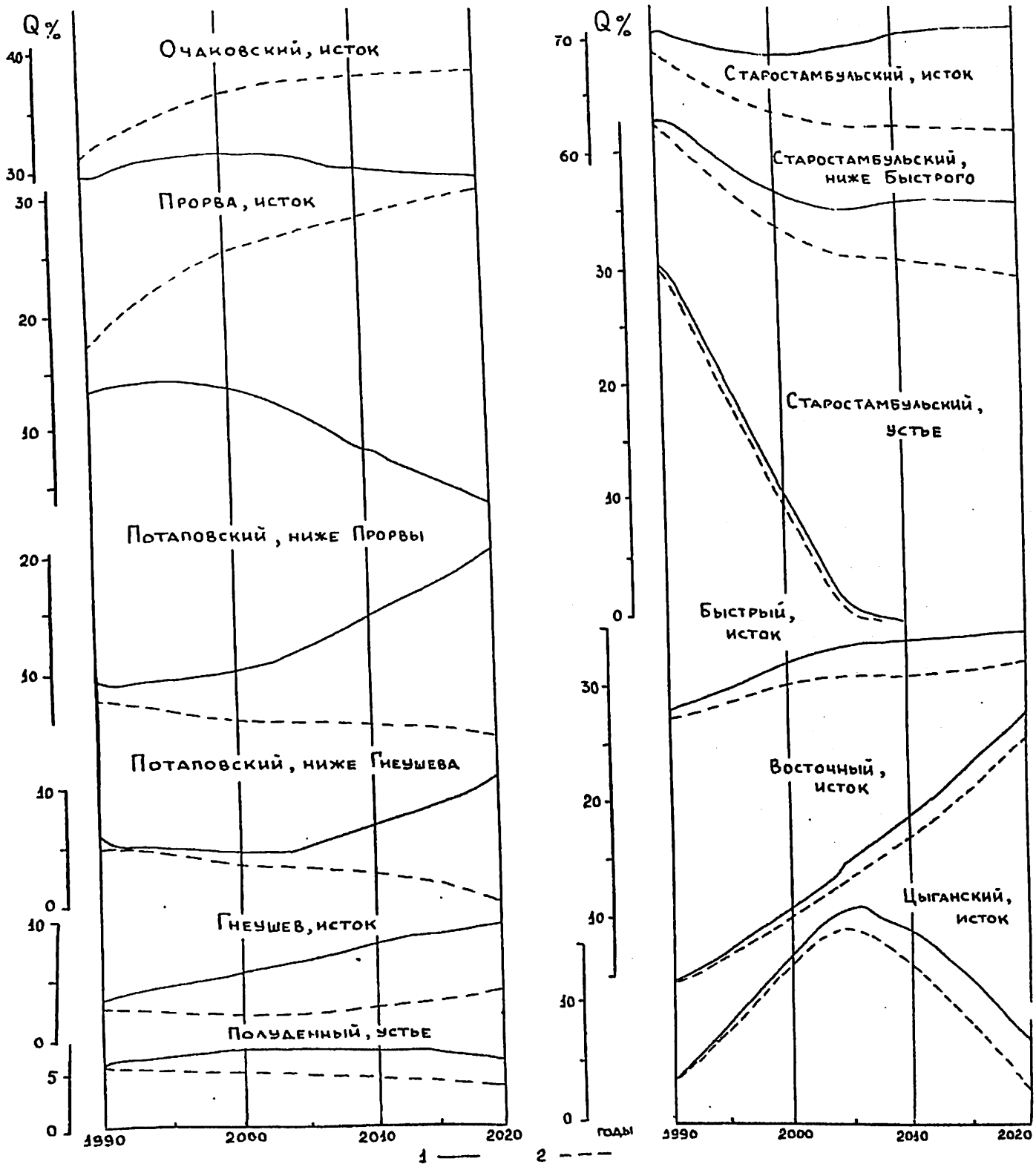


Рис.3. Прогностические варианты перераспределения стока воды в Килийской дельте Дуная (Q. в % от стока Килийского рукава у Вилково): 1 – при естественном развитии дельты. 2 – при поддержании судового хода в Прорве.

Fig.3. Forecasting variants for waterflow redistribution in Chilia delta of Danube (Q. in % of Chilia branch's waterflow near Vilkovo): 1 – at the natural delta's development. 2 – when shipway conditions in Prorva are sustained.

(вариант 2) по сравнению с вариантом ее естественного развития (вариант 1). Так, если в варианте 1 распределение стока между основными системами - Старостамбульской и Очаковской - в ближайшие десятилетия стабилизируется на современном уровне (рис.3), то в варианте 2 ожидается существенное перераспределение стока в пользу Очаковской системы (с 30: до 38: от стока Килийского рукава). Наиболее заметные различия обнаруживаются в процессах развития рукавов, непосредственно связанных с судовым ходом. Рукав Прорва по варианту 1 будет отмирать (его доля стока изменится от 14: до 4:), а по варианту 2 будет активизироваться (от 18: до 31:). Смежный с Прорвой Потаповский рукав, наоборот, по варианту 1 будет активизироваться, а по варианту 2 - отмирать. Рукава Полуденный и Анкудинов по варианту 1 будут относительно стабильными, а по варианту 2-отмирающими.

Тенденции развития рукавов Старастамбульской системы в целом аналогичны в обоих вариантах (при некотором уменьшении их доли стока по варианту 2 в сравнении с вариантом 1). Здесь в течение расчетного периода наиболее активно будет развиваться рукав Восточный, рукав Быстрый приостановит свою активизацию после 2005 г. К 2006 г. возможно полное отмирание бывшего основного устьевого участка рукава Старостамбульского, имеющего ныне обширный устьевой бар, и малых водотоков: Лимбы, Курильского и Заводнинского. Интересно отметить, что в связи с процессами отмирания основного русла Старостамбульского (ниже истока Восточного) после 2005 г. ожидается резкая смена тенденции развития рукава Цыганского с активизации на отмирание (рис.3).

Направленность изменений морфометрических характеристик (ширин и глубин) активизирующихся и отмирающих водотоков согласуется с изменением соответствующих им руслоформирующих расходов воды. Наибольшее устьевое удлинение за расчетный период 30 лет по варианту 1 ожидается у активизирующихся рукавов Быстрого и Восточного (около 1.5 км) и в устьях рукавов Полуденного и Гнеушева (около 2.5 км), расположенных в "волновой тени" от конуса выноса рукава Потаповского. Отступание устьевого бара рукава Потаповского составит около 300 м к 2010 г., затем возобновится его выдвижение в море (на 100 м с 2010 г. по 2020 г.). По варианту 2 наибольшее устьевое удлинение ожидается у рукава Прорва (2400 м в отличие от 400 м по варианту 1). Удлинение остальных устьевых водотоков будет несколько меньше, чем по варианту 1, отступание бара Потаповского составит около 800 м. Устьевой бар рукава Старостамбульского в обоих вариантах расчета выдвинется в море к 2002 г. на 300-350 м, а затем к 2020 г. отступит на 400-500 м.

Полученные результаты показывают многофакторность, большую изменчивость и сложность процессов развития дельтовых водотоков. Системный подход и моделирование открывают новые перспективы для количественного анализа и прогнозирования этих процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрология устьевой области Дуная - М.: Гидрометеоиздат, 383 с., 1963
2. Михайлов В.Н., Бабич Д.Б., Морозов В.Н., Гранич П.С. Руслоформирующие расходы воды в дельте Дуная. Сборник докладов XII Конференции придунайских стран по гидрологическим прогнозам (Братислава, 21-24. VIII, 1984). с.4.3.1-4.3.10, 1984.
3. Петреску И.Г. Дельта Дуная. Происхождение и развитие. - Изд-во иностр. литературы. - 230 с., М., 1963.
4. Полонский В.Ф. Математическая модель для прогнозирования развития систем дельтовых водотоков (на примере Килийской дельты Дуная). Труды ГОИН. Вып. 198, с.94-130,1991.
5. Полонский В.Ф. Модификация метода модулей сопротивления для расчета расходов и уровней воды в системах дельтовых водотоков со слияниями. Труды ГОИН, Вып.199,с.69-95. 1991.
6. Полонский В.Ф., Гранич П.С. Калибровка гидравлических расчетов расходов и уровней воды в дельтах рек. Труды ГОИН. Вып.199, с.73-94, 1991.

Адрес автора

Вадим Ф.Полонский, Павел С.Гранич, Анна В.Сафронова
Государственный Океанографический Институт
119034 Москва
Кропоткинский пер.6

7.10

Feststoffhaushalt und Feststoffbewirtschaftung im deutschen Donaugebiet

F.H. Weiß

Kurzfassung

Nach einer Kurzdarstellung des Einzugsgebiets, der geologischen Grundzüge und der Abflußverhältnisse werden der Feststoffhaushalt und die Gestaltungsvorgänge vor und nach den Flußkorrektionen im vorigen Jahrhundert beschrieben. Die in der Folgezeit auf den Geschiebehaushalt einwirkenden Maßnahmen wie Flußausbauten, Kiesentnahmen, Wildbachverbauungen, Talsperren und Staustufen werden aufgezeigt und in ihrer Wirkung beispielhaft dokumentiert. Im wesentlichen ergeben sich aus diesen Eingriffen zwei Probleme im Fluß: Zum einen die Sedimentation im oberstromigen Einflußbereich von Stauanlagen und zum anderen im Unterwasserbereich vorwiegend das Problem der Sohlenerosion. Aus dieser Situation wird die Notwendigkeit einer Bewirtschaftung der für die Bettstabilität wichtigen Geschiebekomponente entwickelt. Lösungsansätze für einzelne Fallbeispiele werden aufgezeigt. Der Vortrag wird von einer Posterausstellung begleitet.

Themenbereich 8
Тема 8

Grundlegende Aspekte der Wasserqualität und Gewässergüte

Основные аспекты качества воды и состояние водотоков

8.1

Zusammenarbeit der Donauländer auf dem Gebiet der Gewässergüte im Rahmen der Bukarester Deklaration

R. Antoniu

Сотрудничество придунайских стран в области определения состояния водотоков в рамках Бухарестской делкларации

Р. Антониу

8.2

Petrovič Pavel:

"Chemische Zeitbomben" Problematik im Donaueizugsgebiet

Auf Grund einer holändischen Initiative 'Mondial Alternatief' wurde im Eizugsgebiet der Donau eine internationale Zusammenarbeit unter dem Titel "Langzeitige Risiken für Boden, Sedimenten und Grundwasser im Donaueinzugsgebiet".

Das Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft ist die Koordinationsstelle für die Tschechoslovakei. Auf Grund Empfehlungen des 'Steeringcommittee' im Budapest haben wir mit der Lösung dieser Aufgabe im Herbst 1991 begonnen.

Diese Aufgabe teilt sich in einen Verarbeitungsteil, methodologischen Teil und ein Paar 'case studies'.

Im ersten Teil sollen die risiken Lokalitäten in eine Mappe im Maßstab 1:2 000 000 eingetragen, im zweiten Teil werden einzelne methodologische Prozeduren bewertet und modifiziert, im dritten Teil wird die Aufgabe für die Verbesserung der ekologischen Situation im oberen Nitraeinzugsgebiet verarbeitet. Im diesen Teil werden auch zwei Studien die in Zusammenarbeit mit Ungarn und Österreich bestehen vorbereitet.

RNDr. PETROVIČ Pavel, CSc.,
Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft,
812 49 Bratislava
Náb. g. Svobodu 5

8.3

ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТОК - ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЬЕКТОВ

Михаил Максим Вавелски, Ион Илие Дедю

Р Е З Ю М Е

Учитывая, что для нашей республики и других стран, расположенных в бассейне р.Дунай, наиболее доступным и надежным источником водоснабжения являются реки Дунай и Прут, одной из основных задач является разработка конкретных мероприятий по предотвращению загрязнения этих перспективных источников водоснабжения поверхностным стоком (дождевыми и талыми водами) с территории городов, промышленных предприятий и сельскохозяйственных угодий. Приводятся основные условия формирования поверхностного стока с различных водосборов, влияние выбросов вредных веществ в атмосферу на формирование стока. Предлагаются математические модели для прогнозирования состава стока и объема выноса загрязняющих веществ в водные объекты, которые могут служить исходной информацией при разработке природоохранных мероприятий.

OBERFLÄCHLICHES ABFLUSSWASSER ALS EIN URSPRUNG DER GEWÄSSERVERSCHMUTZUNG

Mihail Maxim Wawelsky, Ion Ilie Dediu

Zusammenfassung

Wasserressourcenschutz gegen der Verunreinigung mit dem oberflächlichen Abflusswasser (Regen - und Tauwasser) aus Städten, Industriebetrieben und Landwirtschaft wird in den letzten Jahren ein scharfes Problem.
Wie bekannt, sind Donau und Prut die zugänglichsten und zuverlässigsten Wasserversorgungsguelle für unsere Republik und andere Länder in Donaubecken. Deshalb ist die Erarbeitung der konkreten Massnahmen in Hinsieht der Vorbeugung dieser perspektivischen Wasserversorgungsguelle gegen der Verschmutzung und ihrer Aufbewahrung für unsere Nachkommenschaft eine der Hauptaufgaben.
Es werden Hauptbedingungen angegeben, bei denen sich verschiedene oberflächliche Abflusswässer bilden, es wird Einfluss der Eruptionen von Schadstoffen in die Atmosphäre auf die Bildung von Abflusswasser analysiert. Die angebotenen Mathematikmodelle für Prognose der Zusammensetzung von Abflusswasser und des Umfangs von Verschmutzugsstoffen in Gewässer können als Ausgangsinformation für die Erarbeitung von Umweltschutzmassnahmen dienen.

Ограниченность водных ресурсов Молдовы и интенсивность их использования приводят к ухудшению качества воды в ее основных водных объектах (реки Прут и Днестр). В связи с этим на первый этап выдвигаются задачи, связанные с защитой водных объектов республики от загрязнения и засорения.

Одной из причин неудовлетворительного состояния водных объектов различного назначения является поступление в них поверхностного стока (дождевых и талых вод) с территории городов, предприятий и сельхозугодий. Особое внимание в этом плане заслуживает проблема загрязнения реки Прут, водосборная площадь которой составляет около 800 тыс.км^2, или примерно половины территории республики.

Если сопоставить объемы стока с территории населенных мест, промышленных площадок и сельхозугодий, расположенных в бассейне реки с объемами стока промышленно-бытовых сточных вод, то его доля составит всего несколько процентов от общего водоотведения. Несмотря на это, роль его в загрязнении водных объектов значительна. На его долю приходится более 90% взвешенных веществ, до 20% органических веществ, около 30% нефтепродуктов, до 40% специфических загрязняющих веществ, вносимых в водные объекты промышленно-бытовыми сточными водами. Это является следствием ливневого характера большинства выпадающих дождей на территории республики, а также отсутствия специальных сооружений для очистки этой категории сточных вод перед выпуском в водный объект. По нашим данным [1] с поверхностным стоком с территории городов и промышленных площадок в водный объект за год выносится от 8,4 до 61 т взвешенных веществ, органических веществ ($БПК_5$) от 0,21 до 3,5 т, нефтепродуктов от 0,06 до 1,18 т.

Поверхностный сток с территории городов и промышленных предприятий по содержанию органических веществ и бактериальной отсемененности приближаются к хозяйственно-бытовым сточным водам, а по концентрации взвешенных веществ, нефтепродуктов и других специфических загрязняющих веществ - к производственным сточным водам. Проведенные нами исследования состава поверхностного стока с городских территорий свидетельствуют о его значительной загрязненности веществами самой различной природы (взвешенные вещества, нефтепродукты, хлориды, азотистые соединения и др.) [2]. Источниками загрязнения поверхностного стока является и уличный смет (мусор с поверхности внутриквартальных территорий и улиц), продукты разрушения дорожных покрытий и почвы, выбросы в атмосферу промышленных производств и отопительных систем жилых и общественных помещений, отработанные газы двигателей внутреннего сгорания транспортных средств.

Поверхностный сток с территории промышленных предприятий является специфическим источником загрязнения водных объектов. Установлено [3,4], что состав и концентрация загрязняющих веществ в поверхностном стоке и в производственных сточных водах отличаются лишь незначительно. Образовавшийся на промышленных предприятиях поверхностный сток смывает накопившиеся на территории загрязняющие вещества различного происхождения. Это, в первую очередь, нефтепродукты от транспортных средств, смазочные материалы, компоненты строительного мусора, вещества, применяемые в технологических процес-

сах, а в некоторых случаях и компоненты готовой продукции. Состав и концентрация загрязняющих веществ в подобных стоках зависит от характера производства, соблюдения технологий, санитерного состояния территории и др. Концентрация веществ в стоках сильно варьирует от интенсивности и продолжительности выпадения осадков. На химический состав стока с территорий промышленных площадок сильное влияние оказывает и степень загрязнения атмосферы в зоне предприятий. Газообразные выбросы на предприятиях содержат в соответствии со спецификой работы различные органические и неорганические вещества, которые будучи абсорбированы атмосферными осадками, уносятся и поступают в поверхностный сток.

С целью оценки вклада поверхностного стока с застроенных территорий в загрязнении водных объектов была разработана имитационная модель формирования качества воды поверхностного стока, включающая в себя алгоритмы расчета гидрографа стока, накопления веществ на поверхности в течение бездождевых периодов, выноса взвешенных веществ [5] .

Расчет выноса взвешенных веществ ($P_в$) в динамике (во времени) предлагается производить по формуле:

$$P_в(t) = P_o [1 - \exp(-kh(t))] , \qquad (1)$$

где: P_o – исходная нагрузка, кг; к – коэффициент выноса; $h(t)$ – нарастающий во времени слой стока, мм.

Модель численно реализована в системе ЕСЭВМ на языке ПЛ-I, калибрована и проверена на основе последовательного ряда пяти дождей для конкретной территории. Установлено, что эта модель может быть использована при моделировании поверхностного стока со сложных водосборов, разбиваемых на элементарные водосборы со своим набором параметров, к каждому из которых применяется описанная выше модель.

С развитием урбанизации и с концентрированием производства возрастает роль промышленных выбросов в атмосферу в загрязнения водных объектов, расширяется спектр и увеличивается содержание в дождевых, талых водах техногенных веществ, поступающих из атмосферы и накапливающихся на водосборе. Выявление особенностей этого процесса имеет важное значение для повышения эффективности водоохранных мероприятий [6] . Количественная оценка роли вентиляционных выбросов в загрязнении территории и в последующем выносе загрязняющих веществ поверхностным стоком в водный объект проводилась на основе натурных наблюдений за накоплением на поверхности и за химическим составом твердых частиц пыли.

Полное количество примеси, накопившейся на поверхности водосбора за период "сухой погоды" в результате осаждения из атмосферы P, кг, можно рассчитать по формуле:

$$P = p_y \cdot S \cdot t \cdot k_I \qquad (2)$$

где: p_y – удельный поток вещества, кг/га сут; S – общая площадь зоны загрязнения выбросами промпредприятия, га; t – средняя многолетняя продолжительность бездождевого периода (период накопления примеси, , сут; k_I – коэффициент, определяющий долю вещества, осевшего в зоне загрязнения.

Величина концентрации загрязняющих веществ $C_в$, кг/м^3 в поверхностном стоке, формирующемся на территории предприятия, вычисляется по формуле [6]:

$$C_в = P_в / 10 \cdot h \cdot F \cdot \Psi \qquad (3)$$

где: $P_в$ – количество вещества, кг, выносимое поверхностным стоком в при расчетном слое осадков h мм, коэффициенте стока Ψ и площади водосбора F, га.

Обострение проблемы охраны окружающей среды во всех странах связано с широкой химизацией сельского хозяйства. Нарушение технологий внесения удобрения и ядохимикатов, правил их хранения приводит к загрязнению почвенного покрова и других компонентов природной среды, повышается их концентрация в водных объектах. Многие считают, что широкое использование удобрений и пестицидов в ближайшем будущем может вызвать трудности в водоснабжении населения многих стран.

Учитывая, что в условиях нашей республики 80% территории приходится на склоны и столько же охвачено процессами эрозии, то количество вымываемых минеральных удобрений и ядохимикатов и самой почвы достаточно велико. С поверхностным стоком в водные объекты выносится до 10–25% внесенных минеральных удобрений. Смыв пестицидов и удобрений в водные объекты особенно возрастает при орошаемом земледелии.

Установлено [7], с поверхностным стоком с сельскохозяйственных угодий в водные объекты выносится большое количество соединений фосфора и азота – биогенных элементов (до 54%), в то время как с хозяйственно-бытовыми только 22%, а с промышленными – 24%. Предотвращение загрязнения водных объектов стоком с сельхозугодий является весьма сложным делом. Исследования показывают, что поступление биогенных элементов, и в особенности фосфора и азота, в водные объекты зависит в основном от вида землепользования [6] (Табл.).

Таблица . Величины стока, смыва почвы и выноса фосфора

Die Tabelle. Grosse des Abflusswassers, Wegspulen von Boden und Hinaustragen von Phosphor.

Агрофон	Сток, мм	Сток насосов, т/га	Вынос фосфора, кг/га		
			раст-ворен-ного	с твердым стоком	всего
Зябь	212	7,95	0,51	4,83	5,34
Озимая рожь неудобренная	197	0,45	0,93	0,28	1,21
Озимая рожь	124	0,31	0,91	0,19	1,10

Со стоком с сельхозугодий в водоемы поступают также пестициды, представляющие для последних наибольшую опасность. Так, например, по расчетным данным ВНИИВО [8], с полей ежегодно выносится около 1,9 тыс.т хлорорганических, фосфорорганических и других форм пестицидов.

С атмосферными осадками в поверхностные водоемы поступают и такие микроэлементы, как медь, цинк, фтор, марганец, молибден, никель, серебро и др.

Существенное влияние на состояние близлежащих водных объектов оказывает и твердая фаза поверхностного стока с сельхозугодий. Как показывают исследования НИИ почвоведения и агрохимии им. Н.А.Димо, на балочном водосборе Центрально-Молдавской возвышенности мутность талого стока находилась в пределах 34–68,3 г/л. А отсутствие противоэррозионных меро-

приятий приводило к смыву с ливневым стоком около 35–59 $м^3$ почвы с 1 га. Ежегодно с каждого гектара смывается от 0,65 до нескольких тонн почвенного гумуса [6]. Ливневый дождь со слоем осадков 60–70 мм смывает с полей в 8–10 раз больше питательных веществ, чем ежегодно вносится с минеральными удобрениями [1].

Ежегодно во время таяния снега с 1 га пашни выносится 80–120 т распаханной почвы, а в районе кодр Молдовы, на крутых распаханных склонах смывается от 100 до 350 т почвы [9].

При высокой степени освоения склонов в нашей республике ливневый сток со склонов имеет ярко выраженный поликомпонентный характер. Мутность потока на лугах существенно ниже, чем на освоенных склонах, однако и здесь она может превышать 100 г/л. Выпадение особо обильных ливневых осадков (100 мм/сутки) вызывает опасные гидрологические явления, среди которых основным является ливневая эрозия.

В Молдове наряду с процессами ливневого варианта эрозии почв наблюдается также эрозия, вызванная орошением значительных площадей при помощи дождевальной техники [10].

Процессы эрозии почв, вызванные ливневыми дождями и искусственным дождеванием, способствуют поступлению в водные объекты значительных объемов наносов.

Особенностью формирования поверхностного стока в условиях нашей республики является ливневый характер большинства дождей, что приводит к залповому выносу загрязняющих веществ в водный объект уже в начальный период дождя. Поэтому максимальное количество загрязняющих веществ содержится в первой волне дождя (10–20 мин).

Исследования качества воды водного объекта выше и ниже выпусков поверхностного стока, показали, что в периоды интенсивного снеготаяния или выпадения дождей, концентрация загрязняющих веществ в водных объектах резко увеличивалось. Особенно это сказывается на росте в воде реки концентрации взвешенных веществ и нефтепродуктов. Обнаружено, что восстановление исходного качества воды в реке происходит только через 2–5 суток после прошедшего дождя.

Особого внимания заслуживает сток, образовавшийся при выпадении атмосферных осадков в теплое время года в виде кратковременных ливневых дождей, суточные слои которых в отдельных случаях превышает 200 мм [11].

Так как около 90% сельскохозяйственных угодий республики составляют пахотные земли, то вполне естественно, что осуществление перехвата, аккумулирования и обезвреживания неорганизованного поверхностного стока с такой огромной площади путем строительства каких бы то ни было инженерных сооружений потребует огромных капиталовложений. Поэтому в ближайшем будущем решать этот вопрос можно, лишь максимально используя водорегулирующие противоэрозионные мероприятия [1] и дополнительно сооружая прибрежные водоохранные зоны (ПВЗ). Именно такой путь защиты водных объектов от загрязнения минеральными удобрениями и пестицидами, выносимыми поверхностным стоком с сельхозугодий, представляется наименее капиталоемким и реально осуществимым. Что же касается защиты поверхностных вод от загрязнения пестицидами, выносимыми дренажным стоком с орошаемых сельхозугодий, то здесь более прием-

лемым представляются другие технические решения.

Нами предложен комплекс организационных и технических мероприятий, обеспечивающий снижение выноса плодородного слоя почвы, минеральных удобрений и пестицидов, загрязняющих веществ с территории городов и промпредприятий [1], однако для полного решения этого вопроса необходимы дополнительные исследования не только в нашей республике, но и в пределах всего бассейна р.Дунай.

Учитывая, что для нашей республики и других стран, расположенных в бассейне реки Дунай наиболее доступным и надежным источником водоснабжения являются воды Дуная и Прута, одной из основных задач является разработка кокретных мероприятий, исключающие их дальнейшее загрязнение. Успешное решение этой проблемы может быть осуществлено при более детальном изучении условий формирования стока, зависимости концентрации загрязняющих веществ от интенсивного дождя, выделение наиболее загрязненной части стока. Сбор, анализ и систематизация этих данных позволяют разработать и внедрить эффективные мероприятия по отведению и обезвреживанию ливневого стока и тем самым предотвратить его вредное влияние на качество воды водных объектов.

Список литературы

/1/ Ропот В.М., Стратулат Г.В., Санду М.А., Вавельский М.М. и др. Проблемы качества, использования и охраны водных ресурсов ССР Молдова. Кишинев, Штиинца, 1991.- 286 с.

/2/ Вавельский М.М., Кокырца П.Н., Данилов И.Е. -Гидрохимическая характеристика поверхностного стока с городских территорий Молдавии. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. М., ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1983, вып.I, стр.14-19.

/3/ Молоков М.В., Шифрин В.Н. Очистка поверхностного стока с территории городов и промышленных площадок. М., Стройиздат, 1977.- 147 с.

/4/ Вавельский М.М., Хваш В.М. Поверхностный сток с территории промышленных предприятий (обзорная информация) М., ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1987, вып.2. - 60 с.

/5/ Московкин В.М., Вавельский М.М., Хват В.М. Имитационная модель накопления и выноса взвешенных веществ поверхностным стоком с застроенных территорий. Метеорология и гидрология № 4,-1988., стр.107-114.

/6/ Хват В.М., Роненко О.П., Колова И.Д., Вавельский М.М. Защита поверхностных вод от фенольных выбросов предприятий по производству изоляционных материалов. Водные ресурсы № 2, 1991, стр.152-157.

/7/ Разработка методики оценки влияния химизации сельского хозяйства на качество поверхностных и подземных вод. Сводный доклад по теме IA-2.04. Будапешт, Секретариат СЭВ, 1976.-56с.

/8/ Дыханов Н.Н., Слепцов Г.В. К охране водных объектов от применяемых в сельском хозяйстве минеральных удобрений.

Водные ресурсы № 6,-1979, стр.154-158.

/9/ Заславский М.Н. Эрозия почв. М., Урожай,- 1979. - 209 с.

/10/ Водные ресурсы Молдавии. Кишинев, Штиинца. 1985. -133 с.

/11/ Богданов Х.П., Сластихин В.В., Украинская Т.З. Характеристика осадков, вызывающих неблагоприятные явления в природной среде. Географические исследования и территориальная организация хозяйства. Кишинев, Штиинца, 1983, стр.48-61.

Адрес авторов

Михаил Максимович Вавельский, Ион Ильич Дедю.
Госдепартамент Р.Молдова по охране окружающей среды и природным ресурсам, пр. Штефан чел Маре,73,
277001 Кишинев.

8.4

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА И КЛАССИФИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ДУНАЯ

DIE KOMPLEXE BEWERTUNG UND KLASSIFIZIERUNG DER WASSERBESCHAFFENHEIT DER DONAU

THE COMPLEX ESTIMATION AND CLASSIFICATION OF THE QUALITY OF THE DANUBE WATER

А.А. Созинов, В.Д Алексеенко, Н.А. Акимов, Н.Ю. Евтушенко, А.П. Черняевская,
A.A. Sozinov, V.D. Alekseenko, J.A. Akimov, N.Y. Evtuschenko & A.P. Chernyavskaya

Комплексной экологической экспедицией, проведенной на специально оборудованном теплоходе по реке Дунай в период межени 1990 года, в ыбранных и обоснованным по принципу фонового и импактного мониторинга 27 контрольных створах отобрано 72 пробы и изучено более 250 показателей, характеризурующих различные аспекты качества дунайской воды. На основе полу-ченных данных впервые в практике изучения Дуная разработана методика и получена комплексная оценка и классификация качества воды Дуная, составлена схема районирования водной экосистемы Дуная на участке между створами 18 км (г. Вилков, Украина) и 1934 км (г. Вена, Австрия), определены уровни, фикциональные направления и экономические параметры рекреационного использования дельтовой зоны Дуная и северо-западного пробережья Черного моря Украины.

Kurzfassung: Die komplexe ökologische Expedition, die auf dem speziell ausgerüsteten Schiff auf der Donau im Herbst 1990 bei Wassermittelstand durchgeführt wurde, hat auf den nach dem Prinzip des komplexen Monitorings ausgewählten und begründeten Probeentnahmesystems 72 Wasserproben entnommen und mehr als 250 Parameter gemessen, die die verschiedenen Aspekte der Donauwasserqualität charakterisieren. Auf Grund der erhaltenen Daten wurde in der Praxis der Donauforschung zum ersten Mal eine Bewertungsmethodik der Wasserqualität entwickelt und das Donauwasser komplex bewertet und klassifiziert. Ein Schema der Untergliederung des Wasserökosytems der Donau in Teilstrecken auf dem Abschnitt zwischen den Sperrstellen 18 km (Wilkowo, Ukraine) und 1 934 km (Wien, Österreich) wurde ausgearbeitet. Ferner wurden funktionelle, richtungsweisende und wirtschaftliche Parameter zur rekreativen Nutzung der Donaudeltazone und der nordwestlichen Küste des Schwarzen Meeres der Ukraine bestimmt.

Summary: The complex ecological expedition carried out with the specially equipped ship on the Danube in autumn 1990 at mean water level has, according to the principle of complex monitoring, taken at selected sampling points 72 water samples and evaluated more than 250 parameters characterizing the various aspects of the water quality of the Danube. Based on the data obtained determination methods and complex estimation and classification of the Danube water were worked out. The scheme of the division into sectors of the water ecosystem of the Danube between the 18 km (Vilkovo, Ukraine) and 1 934 km (Vienna, Austria) was established. Also levels, directions and economic parameters of the recreational ultization of the Danube delta and the North-West coast of the Black Sea were defined.

1. ВВЕДЕНИЕ

Дунай и его притоки играют очень важную роль в обеспечении жизнедеятельности населения целого ряда государств Европы. Воду из Дуная пьют более 80 миллионов человек, населяющих бассейн этой могучей реки.

В последние годы ученые Европы уделяют экологическому состоянию бассейна Дуная особое внимание. Интенсивное развитие различных отраслей промышленности, сельского и коммунального хозяйства в регионе выдвигают на первый план и проблемы их водообеспечения и проблемы защиты великой реки от все усиливающегося пресса антропогенного воздействия. Сюда же примыкают и задачи предотвращения дальнейшего загрязнения Черного моря, представляющие большой интерес не только для европейских, но и для ряда азиатских государств.

В рамках этих проблем Украинским научно-техническим экологическим центром «ПЕРУН» в период с 11 по 28 ноября 1991г. проведена Международная экологическая экспедиция «Голубой Дунай - 90» по маршруту Измаил - Вена - Измаил. В экспедиции приняли участие специалисты 25 ведущих научно исследовательских учреждений, экологических ведомств и общественных организаций Украины, России и Молдовы, заинтересованных в изучении Дуная, а также ученые-экологи из Венгрии, Румынии, Югославии, Австрии и Чехословакии общим числом 117 человек. Участники экспедиции на специально дооборудованном теплоходе «АМУР» Украинского дунайского пароходства выполнили исследования основного русла Дуная на участке между створам 18 — 1934 км.

В результате проведенных работ уточнено и унифицировано ряд используемых методик определения отдельных составляющих качества воды и санитарно-гидробиологического состояния экосистемы, выбрано и обосновано по принципу фонового и импактного мониторинга 27 контрольных створов для станций отбора проб, существенно расширен диапазон изучаемых показателей, характеризующих разные аспекты качества дунайской воды. В отобранных за период экспедиции 72 пробах воды, донных отложений, микроорганизмов, водорослей, беспозвоночных и рыб определено 252 показателя.

На основе полученных данных впервые в практике изучения Дуная разработана методика и выполнена комплексная оценка и классификация качества воды Дуная, составлена схема районирования водной экосистемы Дуная на участке между створами 18 км [г.Вилково, Украина] и 1934 км [г.Вена, Австрия]. определены уровни, функциональные направления и экономические параметры рекреационного использования дельтовой зоны Дуная и северо-западного побережья Черного моря Украины.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ, СХЕМА ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Разработка критериев оценки и классификации качества поверхностных вод имеют исключительную важность для создания системы экологического мониторинга внутренних водоемов. Однако научные основы получения объективной экологической оценки уровня загрязненности водных систем на сегодняшний день практически отсутствуют.

В данной публикации авторы предлагают методический подход и результаты разработки экологической оценки и классификации качества воды Дуная, выполненной на основе комплексных исследований экспедиции «Голубой Дунай - 90».

Проведенные работы включали три этапа:

- организационная и техническая подготовка экспедиции, а также сбор и обработка опубликованных данных по состоянию Дуная;
- экспедиционная работа и изучение собранных материалов в лабораторных условиях;
- обобщение и систематизация полученных данных, а также разработка экологической оценки и классификации экосистемы Дуная.

В качестве исходных материалов работы используются данные исследований водной и наземной околоводной экосистемы Дуная по гидрохимическим, гидробиологическим, микробиологическим, вирусологическим, санитарно-токсикологическим, радиоэкологическим и зоологическим характеристикам, а также геолого-экологической и гидрометеорологической обстановки в регионе. Основу этих данных составили результаты изучения в развернутых на судне лабораториях и в стационарных условиях после завершения экспедиции 252 показателей качества в 72 пробах воды, отобранных за период экспедиции на 27 контрольных створах основного русла Дуная.

При обработке полученных данных соблюдались оптимальные с природоохранной и водохозяйственных точек зрения принципы:

- системности (на основе системного подхода) и учета влияния водосборной площади;

— комплексности (включались все основные аспекты экологического состояния объекта исследования);

— единого методологического подхода (при изучении каждой отдельной характеристики качества воды).

Исследования статистических связей между пространственными рядами параметров качества дунайской воды выполнялись с применением методов математической статистики (факторного и кластерного анализа) и компьютерной графики на персональных компьютерах IBM PC/AT-286.

В качестве элементарной единицы экологической системы принят некоторый однородный участок Дуная, вырезанный двумя перпендикулярными к основному руслу воображаемыми плоскостями, включающий надводный слой атмосферного воздуха, всю толщу воды и грунтовый комплекс, в качестве экологического района - участок реки с аналогичными процессами формирования качества воды.

Схема обработки полученных экспедицией данных представлена на рис. 1.

В результате факторного анализа пространственных рядов 252 переменных определены 28 приоритеных показателей и восемь факторов формирования качества дунайской воды, на долю которых приходится около 80% суммарной дисперсии.

Анализ информативности отдельных факторов показывает, что состояние водной экосистемы Дуная в значительной мере зависит от естественного (фонового) химического состава воды (первый фактор), который, несмотря на значительную антропогенную нагрузку по всему бассейну, продолжает играть определяющую роль в его развитии.

Хорошие гидродинамические условия (большие скорости течения, аэрация, высокое содержание взвешенных веществ) обуславливает важную роль второго фактора, определяющего процессы деструкции органических примесей, как природного, так и техногенного происхождения, в результате химического и биологического самоочищения водной среды.

Заметную роль в формировании качества дунайской воды, особено на антропогенно измененных участках, играют органические микрозагрязения и микробиологические показатели (третий - пятый факторы). Остальные три фактора значимы существенно меньше.

Выявление важнейших различий между изучаемыми участками реки и разделение их на группы (кластеры) по признаку сходства процессов формирования качества воды осуществлялось с помощью кластерного анализа. В результате кластеризции участок реки от устья до г.Вены был разделен (с учетом сходства содержания приоритетных показателей качества воды на различных станциях) на 16 районов, распределенных по 7 кластерам.

Для усиления информативности схемы районирования дополнительно выполнена оценка и классификация водной части экосистемы Дуная с позиции экологического благополучия и потребительской ценности. Эта работа проводилась с помощью 15 приоретеных показателей: взвешенные вещества, растворенный кислород, пятисуточная биохимическая потребность кислорода, азот аммонийный, фосфор общий, кальций, фитопланктон, гетеротрофы, коли-индекс, мутагенная активность, хлорофил «а», ДДТ, нефтепродукты, медь, бихроматная окисляемость, которые наибольшим образом характеризуют состояние качества дунайской воды с экологических позиций, имеют наибольшую факторную нагрузку и чаще всего проявлялись во всех ведущих факторах формирования качества воды Дуная.

Оценка качества с экологических позиций состояла в сравнении численных значений приоритеных показателей качества воды с нормативными величинами.

Результаты разработки экологической оценки и классификации воды основного русла Дуная на указанном выше участке оформлены в виде карты-схемы, представленой на рис. 2, из анализа которой следует:

— по длине водотока наблюдается достаточно большая дифференциация по качеству дунайской воды (от II до VI класса);

— для большинства участков достаточно четко прослеживается ухудшение качества воды по течению реки вниз (на Украинском участке видна обратная зависимость, но она обусловлена поступлением большого количества загрязнителей в районе городов Килия и Измаил, Украина);

— на австрийском участке Дунай загрязнен существенно ниже (II класс чистоты), чем на всем остальном участке по течению вниз;

— поступление в реку больших количеств различного рода примесей (приводящим к загрязнению на уровне предельно допустимых концентраций) происходит в местах расположения больших городов (Братиславы, Будапешта, Нови-Сад, Измаил), крупных промышленных центров (Турну-Мэгурели, Селистра-Келераши, Надьтенень) и впадения притоков (Морава, Сава, Прут);

— наиболее критическими для Дуная являются токсикологические (тяжелые металлы, поли ароматические углеводороды, пестициды, нефтепродукты, фенолы и др.) и микробиологические загрязнения, из-за которых на отдельных участках (устья Савы и Прута) наблюдается повышенная

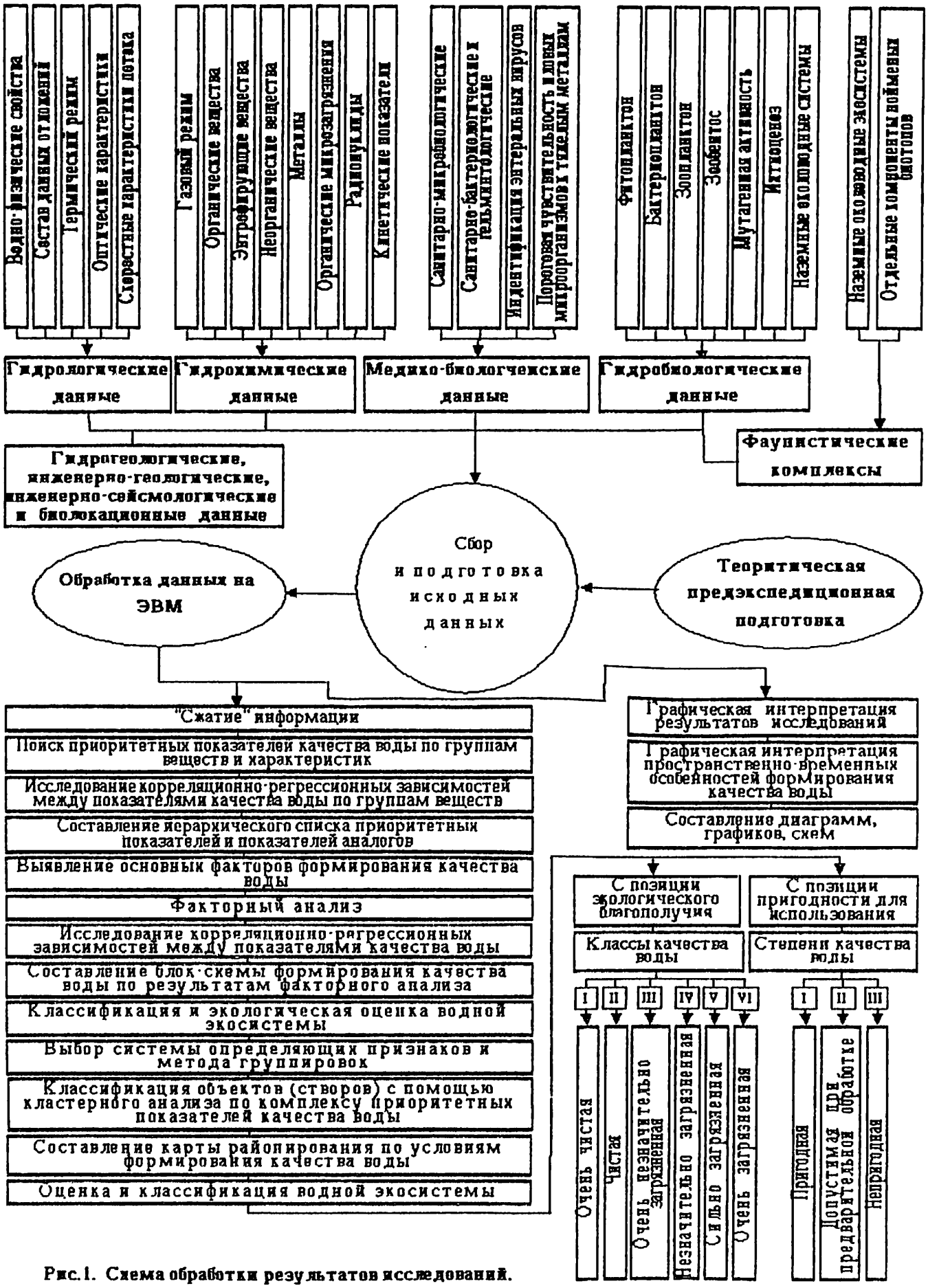


Рис.1. Схема обработки результатов исследований.

Scheme of work on the results of the researches.

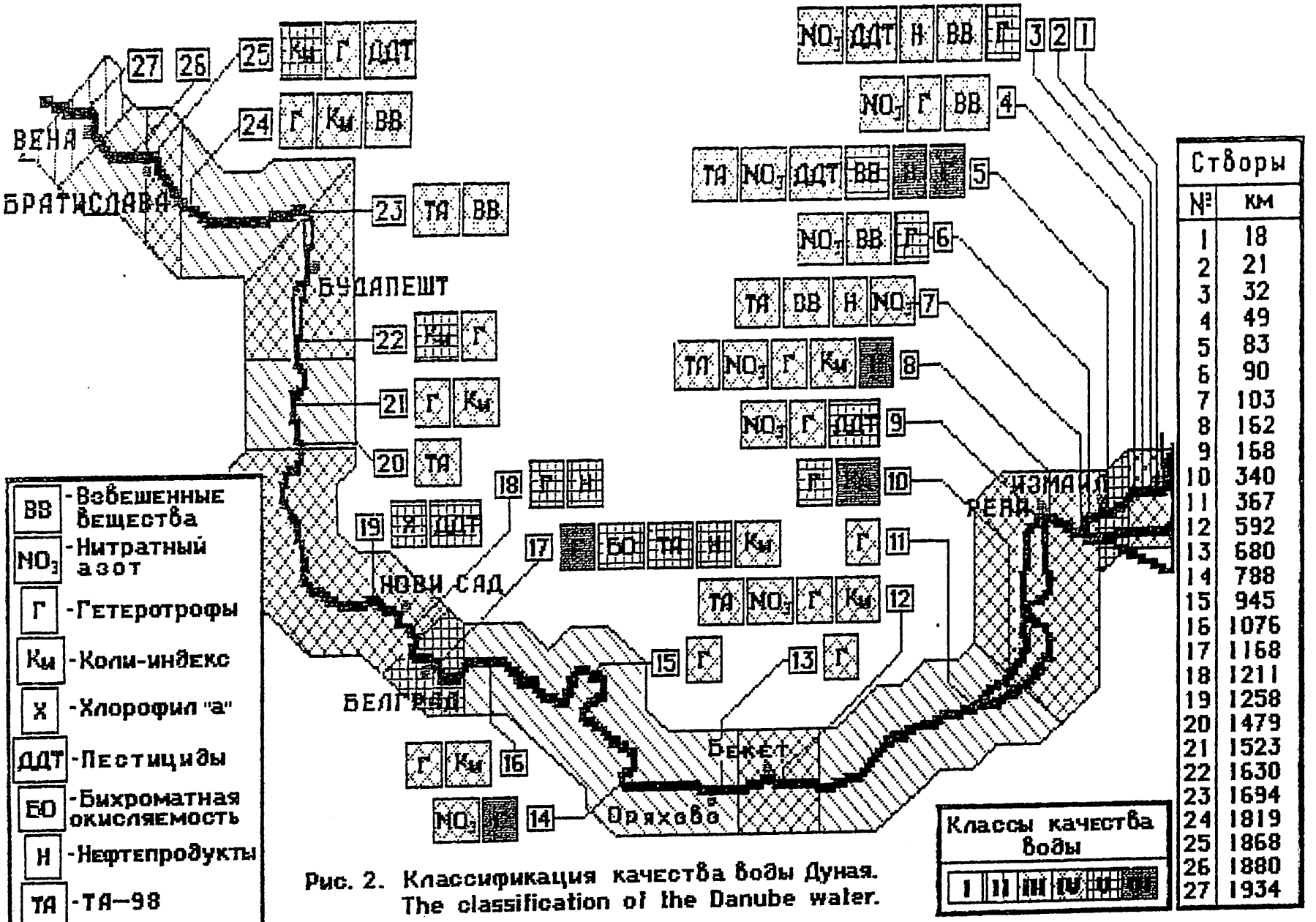


Рис. 2. Классификация качества воды Дуная.
The classification of the Danube water.

Ehg

мутагенная активность его воды;

— на период проведенных экспедицией исследований, состояние водной экосистемы Дуная, на рассматриваемом участке, находилось на пределе его природных возможностей.

Сумарная протяженность участков Дуная с качеством воды II класса (чистая) составляет 84 км или 2,8% от всего исследованного участка (австрийский участок до устья Моравы); III класса чистоты (очень незначительно загрязненная) - 977 км или 50.5% (части чехо-словацкого, венгерского, югославского, румынского, румынско-болгарского участков); IV класса чистоты (незначительно загрязненная) - 777 км или 40.2% (вместах расположения г.г. Братиславы, Будапешта, Нови-Сад, Турну-Мэгурели, Силистра-Келераши, Рени, Измаил, Вилково); V класса чистоты (сильно загрязненная) - 126 км или 6.5% (в районе устья Савы, Югославия и ниже г.Измаила, Украина).

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В заключение следует отметить, что разработанная классификация имеет условный и относительный характер, особенно для участков, данные по которым базируются на единичных измерениях. На практике выделенные районы не имеют таких четко выраженных границ и качество дунайской воды в близких к граничным точках, может переходить из одной категории качества в другую. Поэтому, для исключения возможных ошибок, имеет смысл уточнить полученные результаты на существенно большем фактическом материале, например, на данных многолетних наблюдений, которые проводятся каждым придунайским государством в отдельности. Это позволит более точно оценить и степень загрязненности, и самоочистительную способность Дуная, а также даст возможность выработать обоснованное решение о возможности использования дунайской воды в хозяйственных целях.

Представляемые же результаты должны рассматриваться как предварительные и могут быть использованы в качестве научно-методической основы для работ по организации международного экологического мониторинга на Дунае.

Одним из важнейших итогов экспедиции явилось и то, что наряду с научными исследованиями, международный коллектив экспедиции на маршруте принял участие в целом ряде научных семинаров и встреч за круглым столом с представителями правительственных и научных экологических организаций, природоохранной общественности, работниками средств массовой информации практически всех придунайских стран, где проходила экспедиция. На них всесторонне обсуждался целый ряд актуальных проблем дальнейшего развития международного сотрудничества в области охраны природы Дуная.

Большого внимания в этом плане заслуживает предложение создания международной научно-технической организации, которая на постоянной основе могла бы осуществлять экологический мониторинг Дуная, выполнять взаимоувязку и объединение данных национальных исследований, а также в интересах всех придунайских государств выполнять независимый контроль качества выбросов и стоков, поступающих в экосистему.

Финансовую основу фукционирования такой организации могли бы обеспечить заинтересованные страны и международные организации, а также хозрасчетная научно-техническая деятельность самой организации.

В полном объеме результаты Международной экологической экспедиции «Голубой Дунай - 90» будут опубликованы в специальном выпуске журнала «Водные ресурсы» Академии наук России во втором квартале 1992 года.

АДРЕС АВТОРОВ

Созинов А.А., Алексеенко В.Д., Акимов И.А., Евтушенко Н.Ю., Черняевская А.П.

Украинский научно-технический экологический центр «ПЕРУН»

Украина, 254071, г.Киев-71, ул.Ярославская, 1.

8.5

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ДОПУСТИМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК И НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЧНЫМИ СИСТЕМАМИ

ÖKOLOGISCHE PROBLEME DER ZULÄSSIGEN ÄNDERUNGEN DES WASSERREGIMES DER FLÜSSE UND EINIGE ASPEKTE ZUR STEUERUNG DER FLUSS-SYSTEME

ECOLOGICAL PROBLEMS OF PERMISSIBLE CHANGES IN THE RIVER WATER REGIME AND SOME ASPECTS OF RIVER SYSTEM MANAGEMENT

Б. В.Фашевский
B.V. Fashchevsky

Резюме: В докладе рассмотрены экологические проблемы изменения водного режима рек в связи с их зарегулированием водохранилищами, безвозвратным изъятием в каналы переброски, проведением осушительных мелиораций, добычей строительных материалов из речных русел, изменением густоты гидрографической сети и др. Автором предлагается методика оценки допустимых изменений водного режима рек на основе взаимосвязи компонентов неживой и живой природы. Подчеркивается важность гидрологических прогнозов при эколого-водохозяйственном управлении речными системами.

Kurzfassung: Im Vortrag werden ökologische Probleme der Wasserregimesänderung dargestellt, die sowohl von Staustufen, Überleitungs-, Entwässerungsmaßnahmen und Flußbettbaggerungen, als auch durch die Änderungen der Dichte des hydrographischen Netzes verursacht werden. Es wird eine Methodik für die Bewertung der zulässigen Änderungen des Abflußregimes eines Flusses vorgestellt. Der Methodik liegt die Wechselbeziehung der Komponenten von der belebten und unbelebten Natur zugrunde. Die Bedeutung der hydrologischen Vorhersagen zur Steuerung der Flußsysteme für ökologisch-wasserwirtschaftliche Ziele wird aufgezeigt.

Summary: The report discusses ecological problems of changes in the river water regimes as related to river impoundments, transfer diversions, amelioration activities, channel sand and gravel mining as well as changes in the density of hydrographical networks, etc. The author suggests a method for appraising the permissible changes of water regimes based on the interdependence of components of Living - and Non-Living Nature. Attention is drawn to the importance of hydrological forecasts for an ecologically sound water management of river systems.

В последние годы, как в нашей стране, так и за рубежом сложилось устойчивое представление об экологических проблемах обусловленных лишь загрязнением водотоков и водоемов. Однако это не совсем точно. Это лишь одна сторона проблемы. Не менее важное значение в экологии водных систем играет изменение водного режима рек и озер, вызванное зарегулированием их водохранилищами, созданием систем переброс стока, безвозвратным изъятием вод, спрямлением и одамбированием речных русел, увеличением густоты водопроводящей сети при проведении осушительных мелиораций и др. Известно, что почти полное истощение водных ресурсов (разбор воды на орошение и многолетнее регулирование стока водохранилищами) рек Амударьи и Сырдарьи привело не только к деградации Аральского моря, но и прилегающих дельт этих рек, являющихся исключительно важными природно-хозяйственными объектами. Падение уровня Арала усилило эрозионные процессы как в основных руслах рек Сырдарьи и Амударьи, так и в главных протоках. По имеющимся створам наблюдений посадка уровней составила 5-9 м (с учетом водной толщи потоков). Резко сократилась площадь водной поверхности. На месте разливов и озер по данным работы /1/ площадь озер в дельте Амударьи сократилась с 60000 га в 1960 г. до 10000 га в 1980 г. В дельте Сырдарьи общая площадь озер снизилась с 14900 га до 4000 га. В настоящее время только сбросные и коллекторно-дренажные воды поддерживают отдельные озерные системы и обводняют пастбища, сенокосы и нерестилища. Осушение пойм произошло на площади свыше 1 млн.га, в том числе на 980 тыс. га в низовьях Амударьи и на 200 тыс.га в низовьях Сырдарьи /2/.

В связи с сокращением притока поверхностного стока снизились уровни грунтовых вод на пойменных участках, что оказало отрицательное влияние на состояние древесно-кустарниковых растений, особенно реликтовой тугайной растительности. Согласно данным А.Бахиева /3 /, за последние 20 лет площадь тугаев сократилась в пойме Амударьи в 2 раза и в настоящее время составляет около 50 тыс.га. Примерно аналогичная доля снижения тугаев отмечается и в пойме Сырдарьи. Площадь сенакосов в дельте Амударьи снизилась с 420 тыс. га в 1960 г. до 75 тыс. га в 1980 г. /3/. Площадь пастбищ соответственно сократилась с 726 тыс.га до 125 тыс.га . Усыхание моря и иссушение дельты привели к резкому преобразованию животного мира: сократился видовой состав и численность животных, связанных с водной средой. Особенно резко сократилось поголовье ондатры. Заготовки шкурок ондатры в дельте Амударьи сократились примерно с 1 млн. в конце 50-х годов до 10-20 тыс. штук в 80-е, а в дельте Сырдарьи - со 140 тыс. до 500 штук в год. Снижение количества мелких грызунов повлекло за собой падение численности хищников, ими питающимися. Так численность лисицы снизилась в 7 раз, шакала - в 4 раза, камышевого кота - в 2 раза, барсука - в 3,5 раза.

Создание Бухтарминского водохранилища многолетнего регулирования нанесло огромный ущерб животноводству в нижнем бьефе, базирующемуся на пойменных лугах р. Иртыш. До строительства гидроузла пойма Иртыша затапливалась в естественном режиме весеннего половодья и урожайность травостоя пойменных лугов достигала 18-20 ц/га сена. После создания гидроузла урожайность лугов резко снизилась и даже после организации искусственных попусков не достигла естественной урожайности. Большой ущерб был нанесен также рыбным запасам, особенно полупроходным видам (осетр, пельма и др.)

Зарегулирование стока р. Или Капчагайским водохранилищем и изъятие части его на орошение (составляющего в естественном состоянии 80% приточности к озеру Балхаш) привело к экологической катастрофе всего Или-Балхашского комплекса. Особенно негативно изменение водного режима сказалось на условиях обитания ондатры, заготовки шкурки которой снизились с 1,5 - 2 млн. шт. в год в 50 - 60-е годы до 40 - 80 тыс. штук в 70-е годы.

Мингечаурское водохранилище на р. Куре резко изменило гидрологические условия в нижнем бьефе реки - снизило летние температуры воды, осветлило воду и др. Осетровые рыбы перестали заходить для размножения, а ряд видов исчезли совсем или встречаются единичными экземплярами.

На р. Дон в начале пятидесятых годов было построено Цимлянское водохранилище многолетнего регулирования, которое резко изменило гидрологический режим и экологические условия Дон-Азовской гидрологической системы. Цимлянская плотина отрезала все нерестилища белуги, 75-80% нерестилищ осетра и рыбца, до 50% нерестилищ севрюги, сельди и чехони /4/. Урожайность сенокосных угодий поймы Дона упала в 3 - 5 раз, а отдельные участки поймы вовсе деградировали. Аналогичные "эффекты" получены по бассейнам рек Кубани, Волги, Днепра, Терека, Урала и других.

Создание Иркутской ГЭС и поднятие уровня озера Байкал в среднем на 70 см ухудшило качество угодий дельты р. Селенги, где обитает масса околоводных птиц и млекопитающих. В результате поднятия уровня воды усилилось влияние волнового воздействия воды - волнобой разрушает хатки, гнезда, отрывает и уносит сплавины. Ухудшается произрастание водной растительности и защищенность гнездовий и мирных животных от хищников /5/.

Изменение водного режима озера Червоного (Белорусское Полесье) в результате проведения мелиоративных мероприятий в его бассейне и пойме привело к падению его рыбопродуктивности в 5 - 6 раз по сравнению с периодом естественного режима.

Нарвская ГЭС на р. Нарве изменила водный режим нижнего бьефа - отмечаются резкие суточные колебания уровней (с амплитудой 1,5 - 2 м) и скоростей течения. Исчезли пороги и все гравийные отложения, где находились основные нерестилища балтийского лосося, миноги и сырти, дно углубилось на 6 - 7 метров /6/. Все это привело к уничтожению беспозвоночных и растительности, обсыханию кладок икры и гибели молоди рыбы.

Эти многочисленные примеры показывают, что изменение водного режима рек является исключительно важным экологическим фактором, часто более важным, чем загрязнение воды источников. В результате возникает необходимость оценить допустимые изменения водного режима рек на основе экологических ограничений. Для этой цели выполняется анализ взаимосвязи компонентов живой и неживой природы. Ограниченные рамки объема доклада не позволяют подробно остановиться на многочисленных примерах этих взаимосвязей для различных природных зон /7,8,9,10,11/, однако на основе обобщения этих источников можно придти к следующим выводам:

1. Для средних и крупных рек с продолжительным половодьем максимум урожайности травостоя пойменных лугов приходится на годы, близкие к обеспеченности 40-60%, а как в сторону маловодных, так и многоводных лет она снижается.

2. Более сложной представляется картина взаимосвязи характеристик водного режима и воспроизводства рыбных запасов, что связано с различными видами рыб, их жизненными циклами, так и учетом не только фазы половодья, но и летней и зимней межени, осенних паводков (особенно важных в жизни тихоокеанских лососей). Кроме того, в этой взаимосвязи начинает играть роль таких факторов как продолжительность ледостава (реки Сибири и Дальнего Востока), кислородный режим, величина грунтового питания рек, наличие на водосборе болот, лесов и др. Однако, несмотря на все эти показатели и их некоторую изменчивость от года к году, при водности рек с половодьем, паводками, летней и зимней меженью в годы, близкие к средним, оказываются и наиболее благоприятные условия для их воспроизводства, а ближе к экстремальным - воспроизводство рыбы снижается.

3. Воспроизводство основных околоводных млекопитающих подчиняется высказанным выше закономерностям, хотя в ряде случаев резко отрицательное влияние на воспроизводство млекопитающих оказывают летние паводки. Что касается водоплавающих и околоводных птиц, то большая часть из них являются перелетными и для них решающую роль играет период половодья и летней межени. Однако в условиях зарегулирования стока и создания водохранилищ их воспроизводству наносится ущерб как в верхних, так и в нижних бьефах, т.к. сроки прилета и гнездования птиц в большей степени определяются температурой воздуха, а не водным режимом, тем более искусственным.

Слабое затопление или незатопление поймы в весенне-летний период приводит

к снижению площади нерестовых и кормовых угодий. Маловодье осенне-зимнего периода нарушает условия нереста литофильных рыб, особенно в период ледостава отмечаются заморы и перемерзание нерестовых бугров осенне-нерестующих видов. Отсутствие затопления поймы снижает урожайность луговой растительности и ухудшает условия воспроизводства водоплавающих птиц и млекопитающих (снижение кормовой базы, ухудшение условий гнездования и т.п.).

В многоводные годы, кроме нарушения нормального периода вегетации растений и условий гнездования околоводных животных за счет продолжительности затопления и формирования высоких скоростей течения на поверхности поймы (что ведет к ее размывам и переотложению наносов) отрицательное влияние оказывает отложение наилка /12/. Увеличение содержания в воде взвешенных минеральных веществ, которые попадают на жабры и в пищеварительный аппарат рыб и подавляют их жизнедеятельность. Следует указать, что подобные закономерности отмечены и для рыб, нерестующих в осенне-зимний период - наилучшие условия характерны для средних по водности лет этого периода, а как в многоводные, так и в маловодные годы объем их воспроизводства снижается.

Важную роль в жизни речных и озерных экосистем играют поймы. Они являются той "фабрикой", которая обеспечивает воспроизводство травостоя лугов и пойменных лесов, рыбы, водоплавающих и околоводных птиц, ценных пушных зверей и многих других видов, являющихся промежуточным звеном в трофических цепях.

Заливание поймы в весенне-летний период тонким (относительно главного русла) слабо проточным слоем приводит к быстрому его прогреву. В пойменных водоемах аккумулируется огромное количество биогенных элементов, принесенных как с поверхности водосбора, так и образовавшихся на месте в результате гниения затапливаемой растительности. В результате в пойме сконцентрировано в десятки раз больше кормов для рыбы, околоводных птиц и млекопитающих, чем в русле.

Сравнение природного потенциала двух крупнейших рек мира - Оби и Енисея, расположенных в сходных климатических условиях показывает, что р. Енисей, имея больший сток (на 30%) по сравнению с рекой Обью, практически на порядок (в 10 раз) имеет меньшие величины вылова рыбы, причем не только по удельной, но и по абсолютной величине, при этом воды Енисея менее загрязнены по сравнению с Обью. И не только загрязнены. Огромные площади болот в бассейне Оби в период зимней межени (а ледостав там составляет около полугода) приводят к поступлению в русло насыщенных органическими веществами вод, на окисление которых затрачивается большая часть растворенного кислорода. И практически каждые 3-5 лет в маловодные годы отмечаются мощные заморы рыб. И несмотря на это, рыбы в Оби больше, чем в Енисее (в котором кислородный режим идеален с позиций экологии).

Удельные запасы поголовья птиц в Оби выше, чем в Енисее. А что касается потенциальных запасов сена, то по отношению к стоку они различаются в 32 раза, а по абсолютной величине - в 20 раз. Определяющим фактором высокой природно-хозяйственной значимости р. Оби по сравнению с Енисеем является исключительная развитость поймы р. Оби, что подтверждается превышением коэффициента развитости ее поймы по отношению к Енисею - в 6 раз.

Коэффициент развитости поймы представляет собой отношение средней взвешенной по длине реки (для характерных участков) ширины водной поверхности реки при наивысшем уровне (1% обеспеченности) к ширине реки в бровках русла. Интересно подчеркнуть, что даже в условиях тропического климата, при практически постоянной температуре воды р. Амазонки (29± 1 °С) в течение всего года развитая пойма играет роль основного производителя органической массы, являясь базой воспроизводства рыбы, крокодилов и водоплавающих птиц /14/.

Экосистема, как любая неравновесная динамическая система, связанная с обменом энергией и вещества, представляет собой направленную систему, движущуюся к определенной цели - к гибели. Однако процесс этот в условиях естественных природных воздействий и возмущений очень длительный. В последние 30-50 антропогенная деятельность увеличила масштабы этих воздействий по сравнению с естественными процессами во много раз, что приводит к более быстрым процессам старе-

ния экосистем и их гибели. Неизбежность старения присуща всему живому и, соответственно, экосистеме /13/. Таким образом, все сводится к определенному календарному возрасту, который характеризуется статистическими рядами наблюдений за компонентами живой и неживой природы, которые описываются кривыми распределения вероятностей (кривыми обеспеченности).

Математическое моделирование взаимосвязи компонентов живой и неживой природы показывает, что полная компенсация ущерба основным компонентам водных экосистем - рыбе, лугам, млекопитающим в многолетнем ряду наблюдается при принятии естественного стока 50% экологическому стоку 25% обеспеченности в верхнем диапазоне кривой распределения и естественного стока в год 99% обеспеченности экологическому стоку 95% обеспеченности. Соединение этих двух точек логнормальной кривой позволяет нам получить кривую обеспеченности экологического стока во всем диапазоне колебаний стока. Разность естественного и экологического стока при одном и том же значении обеспеченности дает нам величину свободного стока. Это соотношение может считаться идеализированным для незарегулированных водотоков (хотя в проектных перспективных проработках может использоваться), однако для таких зарегулированных рек как Волга, Днепр, Кубань, Иртыш и другие эта модель может использоваться в практике эксплуатации и управления их водным режимом при наличии качественных долгосрочных гидрологических прогнозов весеннего половодья, летней и зимней межени, дождевых паводков.

В результате возникает, например, возможность срезать максимумы половодий и паводков, опорожнив емкости водохранилищ и обеспечив благоприятные условия для воспроизводства компонентов живой природы. И, наоборот, в маловодные годы увеличить экологические сбросы воды в нижние бьефы, тем самым приблизив объем половодья ближе к среднему по водности году.

Аналогичные экологические попуски воды для улучшения кислородного режима могут обеспечиваться в период ледостава на реках с заморными явлениями (поступление загрязнений из промцентров, болотные воды и др.). Все эти элементы экологического управления должны базироваться на развитой системе оперативного мониторинга за компонентами неживой и живой природы. При наличии ГЭС возможна оптимизация режима попусков внутри года как для целей экологии, так и для выработки электроэнергии на основе приоритетов.

На примере р. Дунай в створе г. Рени выполнены по многолетнему ряду расчеты экологического стока и свободных водных ресурсов (без учета загрязнения) в годы различной обеспеченности (табл.1).

Таблица 1

Величины годового экологического и свободного стока
р. Дунай - Рени и Килийское Гирло - Измаил
Values of the annuel ecological and free flows of the
Danube river at Reni and Kileysko Girlo at Izmail

куб.км

Обеспеченность (Probability) %	Створ - г.Рени (Reni cross - section)		Створ - г.Измаил (Izmail cross - section)	
	Экологический сток (Ekological flow)	Свободный сток (Free flow)	Экологический сток (Ecological flow)	Свободный сток (Free flow)
25	192,0	37,0	137,2	20,3
50	162,3	29,6	116,7	16,9
75	142,4	19,9	101,0	12,4
95	118,4	14,1	83,6	9,6

Список литературы

/1/ Бахиев А., Таджитдинов М.Т. Растительность замкнутых водоемов Каракалпакии. Природные ресурсы низовьев Амударьи. Ташкент, 1986

/2/ Глазовский И.Ф. Аральский кризис. М., Наука, 1990

/3/ Бахиев А., Новикова Н.М. Основные растительные сообщества пастбищ и сенокосов низовьев Амударьи. Биологические ресурсы Приаралья. Ташкент, 1986

/4/ Горгона Ю.М., Дубинина В.П., Шишкин В.М. Рыбное хозяйство. Водные ресурсы, Ростов-на-Дону, 1981

/5/ Комаров А.В. Вопросы охраны и рационального использования ресурсов ондатры в дельте р.Селенги. Фауна и ресурсы позвоночных озера Байкал. Улан-Удэ, 1980

/6/ Баранникова И.А. Анализ влияния Нарвской ГЭС на ихтиофауну реки Наровы. Ученые записки ЛГУ, серия биологических наук, N 311, вып.48, 1952

/7/ Ткаченко М.В. Пойму Иртыша - на службу животноводству. Алма-Ата, 1977

/8/ Куркин К.А. Экологические особенности пойменных земель. Кормопроизводство, вып.23, М., 1980

/9/ Зиновьев А.Ф. Планктон полоев и ильменей дельты Волги и его кормовое значение для площади промысловых рыб. Труды Волго-Каспийкой рыбохозяйственной станции Астрахань, т.9, вып.1, 1947

/10/ Коваленко Э.П., Фащевский Б.В. Вода, природа, человек. Минск, 1986

/11/ Фащевский Б.В. Экологическое обоснование допустимой степени регулирования речного стока. Минск, 1989

/12/ Работнов Т.В. Луговедение. МГУ, 1984

/13/ Войтенко В.П. Старение, гомеостаз и гомеоклаз. Надежность и гомеостаз биологических систем. Киев, 1987

/14/ Sioli H. Tropical River: The Amazon-River ecology.The Water Ecology.Edited by B.A. Whitton. Blackwell scientific publication.Oxford, London, Endinburgh, Melbourne, 1975

Адрес автора

Борис Фащевский
Центральный НИИ комплексного
использования водных ресурсов
ул.Славинского 1, кор.2
220086, Минск, Республика Беларусь

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

ATMOSPHÄRISCHE DEPOSITION ALS FAKTOR DER GEWÄSSERBELASTUNG

ATMOSPHERIC DEPOSITION AS A FACTOR OF FRESHWATER CONTAMINATION

M. T. Zahn, J. Bittersohl & H. Sager

Kurzfassung: Nicht erst seit dem Tschernobyl-Unfall wird der atmosphärischen Verfrachtung von Schadstoffen und ihrer Deposition besondere Bedeutung zugemessen. Als Folge langzeitiger, ubiquitärer Depositionsvorgänge ist es in weiten Teilen des bayerischen Donaueinzugsgebietes zur Versauerung oberstromiger Gewässerabschnitte gekommen. Die damit verbundenen wasserwirtschaftlichen Probleme, Korrosion, pH-Wert und Aluminiumgehalt treten in oberirdischen Gewässern und im Grundwasser auf. Daneben sind die über die Atmosphäre eingetragenen Bilanzanteile verschiedener Schadstoffe in Gewässern nicht mehr zu vernachlässigen. Die zeitliche Entwicklung der Depositionsraten in den Jahren 1987 bis 1991 wird anhand von Meßreihen aus dem bayerischen Raum dargestellt.

Summary: Atmosperic transport of pollutants and their deposition has become a matter of special interest not only since the Chernobyl accident. As a consequence of long term, ubiquitous deposition processes, it has come to freshwater acidification in large parts of the upstream catchment basin of the Bavarian Danube. The connected water management problems focus on corrossion, pH values and aluminium concentration of surface and ground waters. At the same time, the air transported quantities of diverse pollutants are no longer negligible in the substance balances of streams. The temporal developement of deposition rates of the years 1987 to 1991 is shown, using time series from Bavaria.

Einleitung

Der Regen ist kein destilliertes Wasser! Dies ist der Öffentlichkeit spätestens seit dem Tschernobyl Unfall bewußt geworden. Hydrologen, Forstwissenschaftler und Biologen beschäftigen sich jedoch schon seit einigen Jahrzehnten mit der Deposition, die sie als eine wesentliche Ursache für Gewässerversauerung, Waldsterben und Artenverarmung erkannt haben.

Was ist Deposition?

Stoffe, die gasförmig oder in festem Zustand in die Atmosphäre freigesetzt wurden, werden an anderer Stelle, verteilt auf große Flächen, trocken oder in wassergelöster Form, auf der Erdoberfläche oder direkt in die Gewässer abgelagert (Abb. 1). Deposition ist damit in der Regel ein kontinuierlicher, Ländergrenzen überschreitender Vorgang. Faktoren wie die Rauhigkeit der Erdoberfläche, die topographische Höhe, oder die Exposition beeinflussen die Depositionsraten. In hoch gelegenen Wäldern werden in Bayern die höchsten Depositionen gemessen.

Durch welche luftverfrachteten Stoffe können Gewässer belastet werden?

Abgesehen von Stoffen, die bei Einzelereignissen in die Atmosphäre gelangen, werden vor allem Schwefel- und Stickstoffverbindungen, H^+-Ionen sowie Schwermetalle und verschiedene organische Verbindungen (z.B. Pflanzenschutzmittel, polychlorierte Biphenyle, Kohlenwasserstoffe) sowie Stäube luftverfrachtet und deponiert. Die ersten drei der genannten Stoffe werden als Säurebildner bezeichnet, da sie für die Versauerung von Gewässern und Böden verantwortlich sind.
Der Eintrag von Schwefelverbindungen in Mitteleuropa für die Jahre 1988/1989 und die Bedeutung der grenzüberschreitenden Verfrachtung sind in Abbildung 2 dargestellt.
Neben ihrer versauernden Wirkung erhöhen Stickstoffeinträge ebenso wie Phosphateinträge die biologische Produktion in oberirdischen Gewässern und sind daher allgemein unerwünscht. Ins Grundwasser gelangte Stickstoffverbindungen können darüber hinaus die Nitrat-Problematik bei der Trinkwasserversorgung verschärfen.

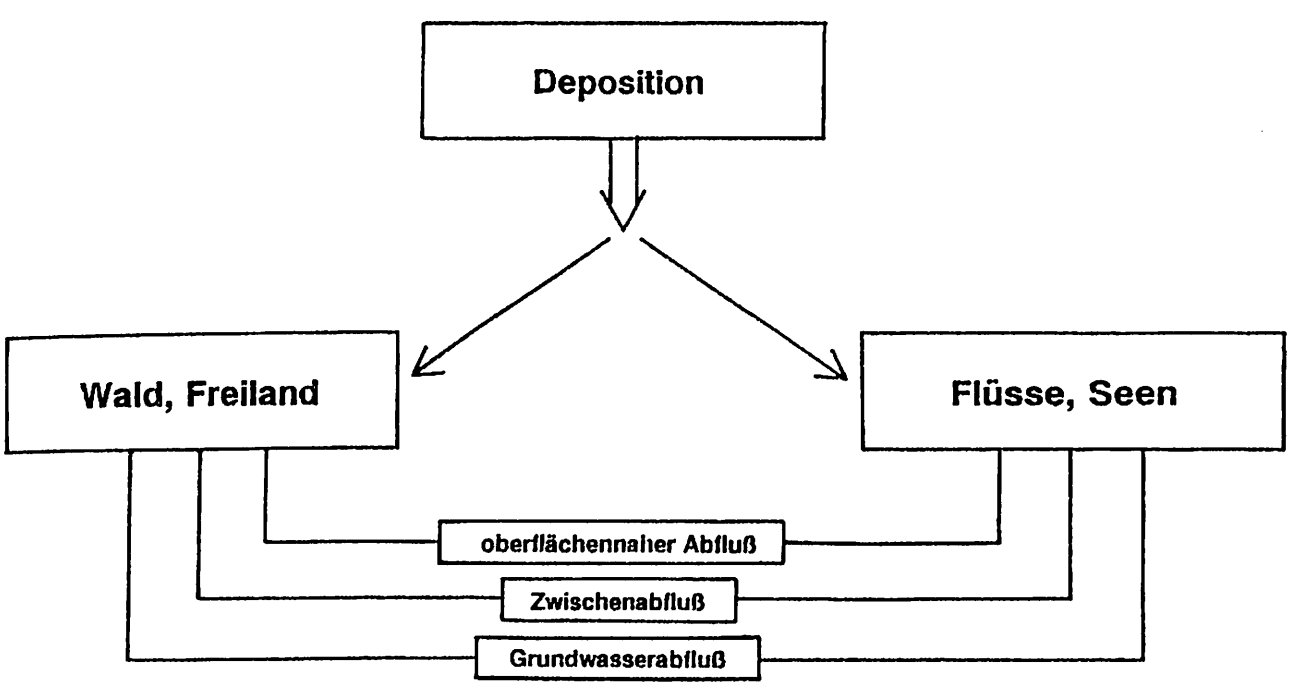
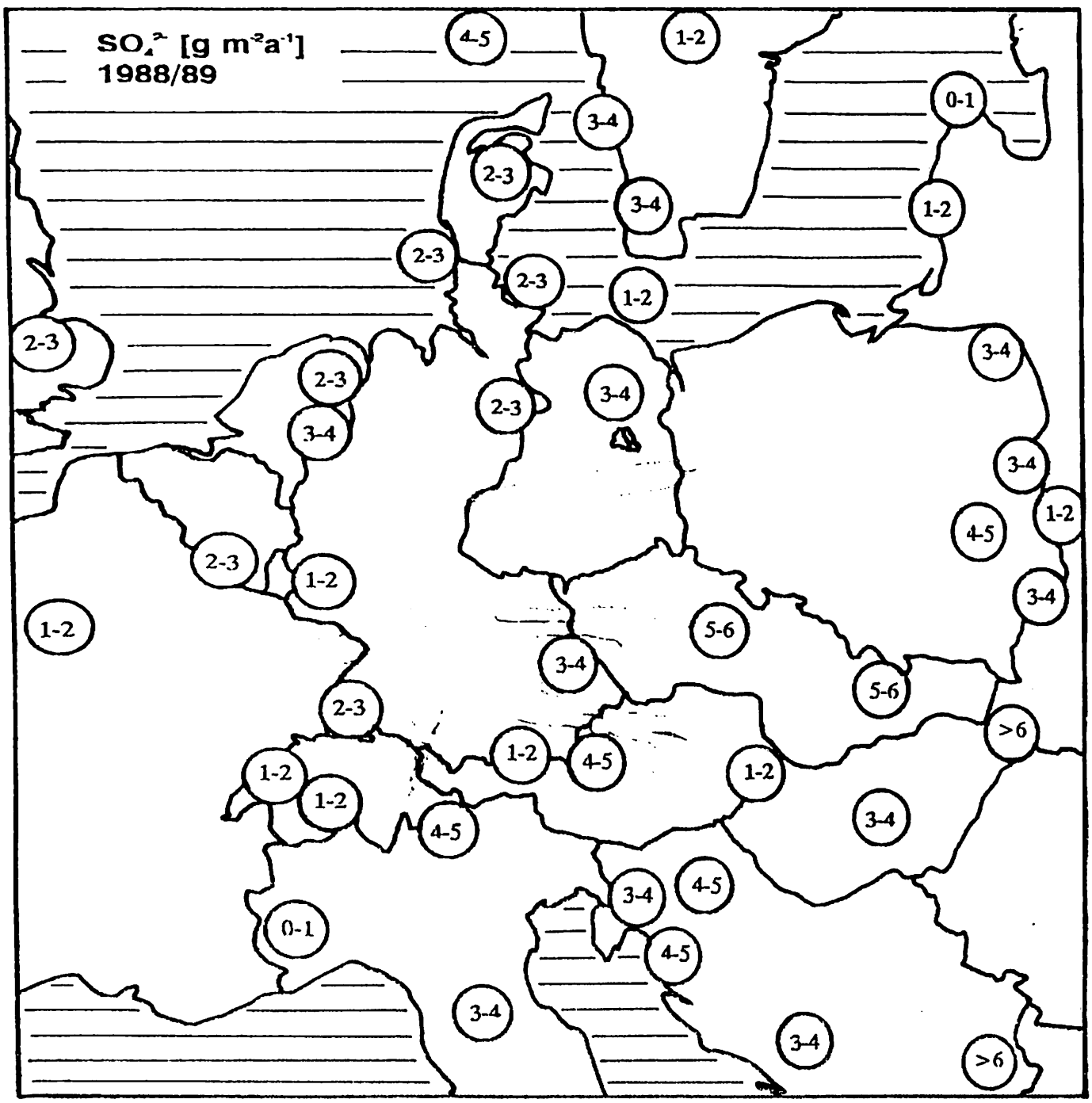


Abb. 1: Direkter und indirekter Stoffeintrag aus der Atmosphäre in die Gewässer durch Deposition

Direct and non direct input of atmospheric substances into freshwater ecosystems



Atmosphärische Schwefelflüsse [kg S a^{-1} 10^6] für das Jahr 1986:

BRD nach Polen	35	Polen nach BRD	36
BRD nach CSFR	18	CSFR nach BRD	62
BRD nach Österreich	10	Österreich nach BRD	4
BRD nach Schweiz	5	Schweiz nach BRD	2
BRD nach Frankreich	42	Frankreich nach BRD	46

Abb. 2: Sulfatdeposition in Mitteleuropa sowie Schwefelbilanz für die Bundesrepublik Deutschland (Datengrundlage: Umweltbundesamt, 1989, Daten zur Umwelt 1988/89)

Deposition of sulphate in central Europe and sulfur bilance for the F.R.G. (data basis: Umweltbundesamt, 1989, Daten zur Umwelt 1988/89)

Welche Depositionsraten treten in Bayern auf?

Im Rahmen des Entwicklungsvorhabens "Auswirkungen des Sauren Regens und des Waldsterbens auf das Grundwasser" werden Depositionsmessungen seit 1986 duchgeführt. Es wird zwischen der Freiland- und der Bestandesdeposition auf Waldflächen (ca. 35 % der Gesamtfläche Bayerns) unterschieden. Die jährlichen Depositionsraten und die Konzentrationen im Niederschlag (Tab. 1) wurden aus den Mittelwerten der Meßflächen des Entwicklungsvorhabens berechnet und geben in erster Näherung die Situation für Bayern wieder. Wegen einem ausgeprägten Nord-Südgefälle mit höheren Nitrat- und Sulfatdepositionen im Norden der Bundesrepublik /1/, sind in Bayern die Depositionsraten (Tab. 1) in der Regel niedriger als im Durchschnitt der Bundesländer. Es ist zu beachten, daß sich die stark von der Niederschlagshöhe und von saisonalen Schwankungen der atmosphärischen Belastung beeinflußten Stofffrachten nicht gleichmäßig über das Jahr verteilen. Atrazin z.B. wies im Ebersberger Forst bei München im Juni Spitzenkonzentrationen von ca. 1,7 10^{-4} mg l^{-1} auf (Abb. 3). Der Grenzwert für Trinkwasser beträgt derzeit 1 10^{-4} mg l^{-1}. Auch regional treten starke Unterschiede zur mittleren

Tabelle 1: Stoffeinträge durch atmosphärische Deposition in Bayern

Substance input due to atmospheric deposition in Bavaria

	Fracht (kg ha^{-1} a^{-1}) (trockene und feuchte Deposition)		minimale, maximale und mittlere Konzentrationen im Niederschlag (mg l^{-1})					
Substanz	Freiland	Fichtenbestand	Freiland			Fichtenbestand		
			min.	max.	mittel	min.	max.	mittel
SO_4^{2-}	35,9	90,6	n.n.	29,9	4,1	1,2	480	16,0
$N_{ges.}$ als NO_3^-	72,7	99,6	n.n.	87,7	8,3	n.n.	104	16,6
NO_3^-	30,1	50,8	n.n.	21,3	3,5	n.n.	46,0	8,4
NH_4^+	12,4	14,2	n.n.	19,3	1,4	n.n.	16,7	2,4
H^+-Ionen	0,51	1,1	3,7 10^{-5}	0,56	0,048	7,5 10^{-5}	1,0	0,15
			(pH: 3,3	7,4	4,3	3,0	4,1	3,8)
Cl^-	5,2	12,2	n.n.	12,6	0,73	n.n.	21,4	2,2
PO_4^{3-}	ca. 0,3	ca. 0,4	n.n.	11,3	ca. 0,1	n.n.	12,6	ca. 0,09
Ca^{2+}	6,5	16,6	n.n.	12,8	0,82	n.n.	42,0	2,8
Mg^{2+}	1,1	3,1	n.n.	1,5	0,13	n.n.	8,2	0,53
Na^+	5,3	7,3	n.n.	9,2	0,57	n.n.	9,9	1,14
K^+	3,1	19,0	n.n.	8,3	0,39	n.n.	79	3,1
$Fe^{2,3+}$	0,47				0,055			
Al	0,38				0,045			
Mn	0,13	1,9	n.n.	0,6	0,016	n.n.	3,2	0,35
Zn	0,23				0,027			
Pb	0,088				0,011			
Ni	8,2 10^{-3}				9,6 10^{-4}			
Cr	6,6 10^{-3}				7,8 10^{-4}			
Cd	2,2 10^{-3}				2,6 10^{-4}			
Atrazin*	7,1 10^{-4}		n.n.	2,2 10^{-3}	7,8 10^{-5}			
Lindan*	8,5 10^{-4}		1 10^{-6}	4,2 10^{-4}	9,4 10^{-5}			
PCB*	2,8 10^{-4}		8 10^{-6}	1,6 10^{-4}	3,1 10^{-5}			

Niederschlagshöhe: 1045 (mm a^{-1}) 783 (mm a^{-1})

Datengrundlage: Meßwerte der Jahre 1989 bis 1990 der Meßstationen des Entwicklungsvorhabens "Auswirkungen des Sauren Regens und des Waldsterbens auf das Grundwasser"; *nach Braun et al. 1990; n.n. = nicht nachweisbar

Konzentration (Tab. 1) auf: So ergeben sich im Niederschlag im Ebersberger Forst gelegentlich Stickstoffkonzentrationen, die deutlich über den für das Trinkwasser geltenden Nitratgrenzwert von 50 mg l^{-1} hinausgehen (Abb. 4).

Welche Auswirkungen hat die Deposition auf die Gewässer?

1. Grundwasser:

Die depositionsbedingte Nitratkonzentration im Grundwasser in Bayern beträgt rein rechnerisch 30 mg l^{-1}. Freilich werden Teile der aus der Atmosphäre eingetragenen Stickstoffverbindungen durch Pflanzen aufgenommen oder unter besonderen lokalen Bedingungen im Untergrund abgebaut. Wegen der zunehmenden Stickstoffsättigung vieler Waldböden gehen die durch die Vegetation aufgenommenen Anteile zurück. Gleichzeitig herrscht eine Stickstoffübersättigung der landwirtschaftlich genutzten Böden vor. Nitrat und überschüssiges Ammonium, das im Boden zu Nitrat umgewandelt wird, werden in das Grundwasser eingetragen. Atmosphärisch eingetragenes Atrazin kann ebenfalls mit dem Sickerwasser in tiefere Bodenhorizonte eingetragen werden, wie eine Stichprobenuntersuchung aus dem Jahr 1990 zeigt (Abb. 3). Auch verschiedene luftverfrachtete Kohlenwasserstoffe und deren Abbauprodukte wurden in oberflächennahen Grundwasserleitern in Konzentrationen über 0,1 $\mu g l^{-1}$ nachgewiesen /2/.
Der Eintrag von Säurebildnern wirkt sich im Grundwasser nur dann negativ aus, wenn die Deckschichten carbonatfrei und arm an basisch wirkenden Kationen sind. Dies ist im ostbayerischen Donaueinzugsgebiet der Fall. Hier treten pH-Werte im Grundwasser von unter 4,0 auf. Bedingt durch die niedrigen pH Werte sind die Aluminiumkonzentrationen auf 4 bis 5 mg l^{-1} erhöht. Für die Trinkwasserversorgung, die in Bayern vor allem Grundwasser verwendet, werden aufwendige Aufbereitungsanlagen notwendig.
Die Schutzfunktion der Deckschichten verhindert derzeit weitere schädliche Einwirkungen z.B. durch Schwermetalle und Phosphat auf das Grundwasser. Durch die Ausdehnung der versauerten Bodenbereiche in die Tiefe bei anhaltender Deposition von Säurebildnern, wird diese Schutzwirkung allerdings zunehmend geringer.

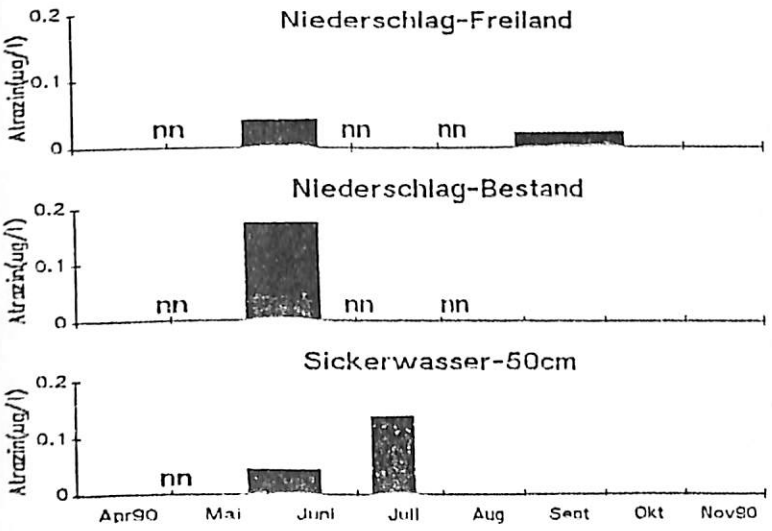


Abb. 3: Atrazin im Niederschlag (Freiland und unter Fichtenbestand) und im Sickerwasser der Münchener Schotterebene

Atrazine in precipitation (open land and spruce stands) and in leach water of the Munich gravel plain

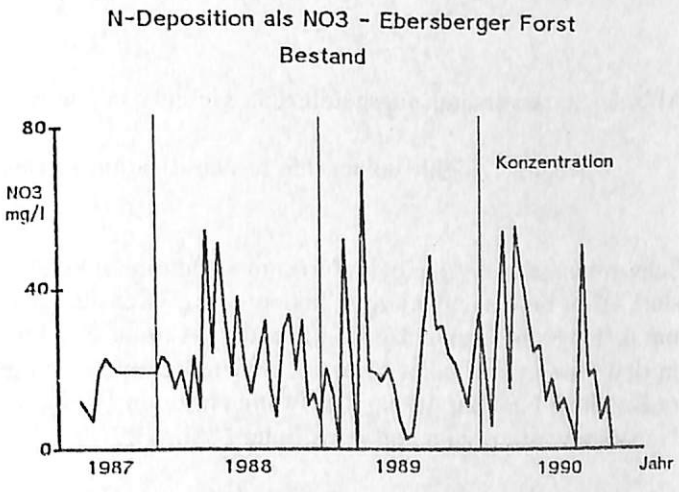


Abb. 4: Stickstoffdeposition (Konzentrationen, und berechnet als NO_3^-) im Ebersberger Forst bei München

Deposition of nitrogen (concentrations, calculated as NO_3^-) in the Ebersberger Forest near Munich

2. Oberirdische Gewässer:

In oberirdischen Gewässern müßten die aus der Atmosphäre eingetragenen Stoffe wegen des Wasserentzugs durch Verdunstung in höheren Konzentrationen als im Niederschlag vorliegen. Dies ist nicht der Fall, da sich ein Großteil der deponierten Stoffe im Wasserkreislauf nicht konservativ verhält, also bei der Passage durch Boden und Gestein zurückgehalten wird. Auch der Abbau und die Sedimentation von Wasserinhaltsstoffen bewirkt eine Reinigung der oberirdischen Gewässer. Aus Sedimentkernen von Seen wie dem großen Arbersee nahe der Grenze zur Tschechoslowakei, ist andererseits bekannt, daß Schwefel- und Schwermetalldepositionen seit Beginn der Industrialisierung stark zugenommen und eine zunehmende Versauerung bewirkt haben.
Die natürliche Schwankungsbreite des pH-Wertes in kalkarmen Gewässern liegt zwischen 6 und 7 /1/. Tatsächlich finden sich in den kleinen Einzugsgebieten des ostbayerischen Grundgebirges (Abb. 5) vielerorts jedoch stark saure Bachwässer mit pH-Werten unter 4,0, die zur Donau hin entwässern. Toxisch wirkende Aluminiumkonzentrationen um 3 mg l^{-1} werden entsprechend häufig beobachtet. Die

Abb. 5: Stark versauerungsgefährdete Gebiete in Bayern (nach Umweltbundesamt, 1989)

Regions highly vulnerable to acidification in Bavaria (after Umweltbundesamt, 1989)

Schwankungsbreite der pH-Werte und Aluminiumkonzentrationen, die negativ miteinander korreliert sind, ist in den Bachläufen ist bedeutend größer als im Grundwasser. Im Sommer liegen die pH-Werte um 6, zur Schneeschmelze im Frühjahr bis unter 3,7. Die atmogenen Nitrat- und Agrochemikalienanteile in den Gewässern kleiner Einzugsgebiete belaufen sich gelegentlich bereits auf 100 % der Stoffbilanz (z.B. Nitrat bis über 10 mg l^{-1}). In unbelasteten Fließgewässern liegen im allgemeinen Nitratkonzentrationen von 4 bis 5 mg l^{-1} vor /1/.

Warum ist die Donau angesichts der Gewässerversauerung im ostbayerischen Teil des Einzugsgebietes nicht versauert?

1. Der größte Teil des bayerischen Donaueinzugsgebietes besteht aus carbonatreichen Gesteinen (Jura, voralpine Schotterflächen). Hier werden die sauren Niederschläge beim Kontakt mit dem Gestein auf pH-Werte bis über 7 aufgehärtet.
2. Die Donau wird in ihrem Verlauf auch durch die Landwirtschaft und kommunale Abwässer belastet, die die versauernden Schadstoffeinträge aus der Luft durch basisch wirkende Wasserinhaltsstoffe (Ca, Mg) neutralisieren. Luftverfrachtete Nährstoff- und Agrochemikalienanteile der Stoffbilanz großer Flüsse treten gegenüber den

landnutzungsbedingten Einträgen auf 10 bis 20 % zurück.

Welche zukünftige Entwicklung der Depositionsraten und welche wasserwirtschaftlichen Auswirkungen sind zu erwarten?

Die Trends der jährlichen Depositionsraten für die verschiedenen Stoffe werden von den jeweiligen klimatischen Bedingungen, vor allem von der Niederschlagshöhe, geprägt. Die Analyse der Daten muß daher jährlich fortgeschrieben werden, um gesicherte Aussagen machen zu können. Folgende Entwicklungen lassen sich aufgrund der hier zugrundegelegten Datenbasis erkennen:

1. Die Schwefeldeposition scheint (Abb. 6) ihr Maximum überschritten zu haben. Diese Aussage wird auch aus anderen Bundesländern bestätigt und darf als direkte Folge der in der Bundesrepublik Deutschland forcierten Rauchgasentschwefelung angesehen werden.
2. Auch der Eintrag von H^+-Ionen in aquatische und terrestrische Ökosysteme hat sich von 1988 bis 1990 verringert.
3. Bei der Stickstoffbelastung muß vermutlich mit weiterhin hohen Stickstoffeinträgen auch in der Zukunft gerechnet werden. Dies wird aus der noch zunehmenden Verkehrsdichte bei gleichbleibenden Emissionen aus der Landwirtschaft gefolgert.

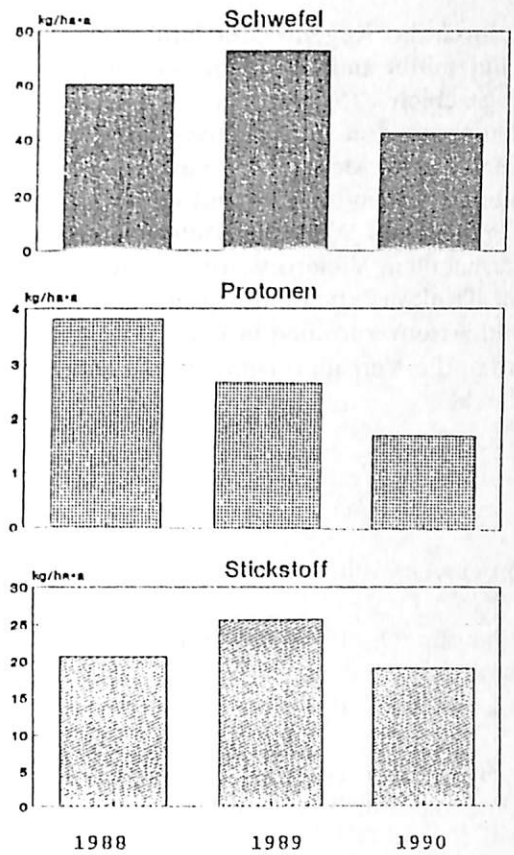


Abb. 6: Zeitliche Entwicklung der Depositionsraten über die Jahre 1988 bis 1990 im Fichtelgebirge (Bestand) für Schwefel, H^+-Ionen und Stickstoff

Deposition trends over the years 1988 - 1990 at Fichtelgebirge mountains (stands) for sulfur, H^+-ions and nitrogen

Es ist schwer, zukünftige Auswirkungen luftverfrachteter Schadstoffe zu beurteilen: Das Pufferungsvermögen der Deckschichten gegenüber sauren Niederschlägen ist begrenzt und in der Regel nicht regenerierbar. Dagegen sind die in puffernden Bodenpartien zurückgehaltenen Wasserinhaltsstoffe (Schwermetalle, Aluminium) durch anhaltende Versauerung des Sickerwassers mobilisierbar. Auch auf niedrigem Depositionsniveau sind zunehmende wasserwirtschaftliche Probleme mit versauerten Gewässern möglich. Wegen der hohen Stickstoffdeposition muß in den kommenden Jahren mit einer

Zunahme der Nitratbelastung in nährstoffarmen Gewässern gerechnet werden. Daneben ist die verminderte Transpiration und Regen-Rückhaltefunktion (Interzeptionsleistung) von durch Deposition geschädigten Wäldern bekannt /3/. Derartige Auswirkungen wurden in Bayern noch nicht beobachtet, sind jedoch in Waldschadensgebieten als wahrscheinlich anzusehen.

Ausblick:

Die Deposition von Schadstoffen kann als Faktor der Gewässerbelastung heute und in Zukunft nicht mehr vernachlässigt werden. Die bisherigen Ergebnisse zur räumlichen und zeitlichen Verteilung der Deposition reichen vor allem für kurzfristige und episodische Gewässergütevorhersagen nicht aus. Es bestehen gute Chancen, periodisch auftretende Depositionsspitzen auch organischer Stoffgruppen sowie langfristige Veränderungen des Depositionsniveaus mit Hilfe eines Depositionsmeßnetzes zu erfassen. Zusammen mit empirischen Beziehungen oder mathematischen Methoden zur Schadstoffverlagerung im oberflächennahen Bereich und im Untergrund kann ein Meßnetz als Frühwarnsystem der Gewässerbelastung durch Deposition dienen.

Schlußfolgerungen:

Die Grenzwerte für Trinkwasser werden durch das Regenwasser häufig überschritten. Dies trifft insbesondere für Ammonium, Pflanzenschutzmittel und z.T. auch bei Nitrat zu. Wasserwirtschaftliche Schutzvorkehrungen bei Trinkwassereinzugsgebieten (Schutzzonen, Bewirtschaftungsauflagen) können durch luftverfrachtete Schadstoffe unterlaufen werden /4/. Negative Auswirkungen der Deposition auf die Gewässer z.B. durch Versauerung sind vor allem in kleinen Einzugsgebieten in den Oberläufen der Gewässer zu beklagen. In diesen flächenmäßig bedeutenden Landschaftsausschnitten sind die Depositionsraten besonders hoch. Die niedrigen pH-Werte in Bächen und Seen bewirken eine erhöhte Mobilität von Aluminium und von Schwermetallen. Vielerorts treten korrosions- und aufbereitungstechnische Probleme bei der Trinkwasserversorgung auf, daneben führen die Depositionen und die Versauerung zu Waldschäden und Artenverarmung in den Gewässern. Durch Einflüsse aus der Landwirtschaft und der Besiedelung werden die Versauerungsvorgänge meist aufgehoben und die Nährstoffbelastung der Gewässer vervielfacht.

Literaturverzeichnis

/1/ Umweltbundesamt (1989): Daten zur Umwelt 1988/89.-, 612 S., Erich Schmidt, Berlin.

/2/ Schleyer, R., Renner, I. & Mühlhausen, D. (1991): Beeinflussung der Grundwasserqualität durch luftgetragene organische Schadstoffe.-, 96 S., Inst. f. Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, WaBoLu-Hefte 5, Berlin.

/3/ Caspary, H.J. (1990): An Ecohydrological Framework for Water Yield Changes of Forested Catchments Due to Forest Decline and Soil Acidification.- Water Resources Research, Vol. 26, No. 6, 1121-1131.

/4/ Braun, F., Schüssler, W., Wanzinger, M. & Wehrle-von Borzyskowski, R. (1990): Neue Untersuchungen zur Analytik und Verbreitung von Polychlorbiphenylen (PCB) und Pflanzenbehandlungsmitteln.-, 103 S. Bayer. Landesanstalt f. Wasserforschung, München.

Anschrift des Verfasser

Dr. M.T. Zahn, Dr. J. Bittersohl, Ltd. Baudirektor H. Sager
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
Lazarettstr. 67
D-8000 München 19

8.7

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

NÄHRSTOFFFRACHTEN DER DONAU IN BAYERN

СТОК ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В БАВАРСКОМ УЧАСТКЕ ДУНАЯ

NUTRIENT LOADS IN THE RIVER DANUBE IN BAVARIA

E. Bach
E. Бах

Kurzfassung: Höhere Nährstoffgehalte lassen die Eutrophierung in den Fließgewässern ansteigen und gefährden den Zustand der Meere. In Bayern ist in den letzten Jahren eine signifikante Abnahme der Phosphatkonzentrationen in den Fließgewässern zu beobachten, während die Nitratkonzentrationen steigende Tendenz aufweisen. Für den bayerischen Abschnitt der Donau und ihre Hauptzuflüsse wurden Höhe und Veränderung der jährlichen Nährstofffrachten, gelöste Phosphate, Ammonium und Nitrat, für den Zeitraum 1980-1990 untersucht. Dabei ergibt sich für die Phosphatfrachten ein eindeutiges, für Stickstoff hingegen ein differenziertes Bild. Ursächlich hierfür ist die Abhängigkeit des Stickstoffaustrags aus landwirtschaftlichen Flächen von Düngerverbrauch und Jahresschwankungen bei Niederschlag bzw. Abfluß.

Резюме: С повышением содержания питательных веществ в водотоках возрастает и опасность эфтрофирования, оказывающего угрозу морскому окружающему среду. За последние годы в водотоках Баварии наблюдается значимое уменьшение концетрации фосфатов и одновермснно тенденцию к повышению концентрации питратов. С 1980 по 1990 гг. на Баварском участке Дупая и его важнейших притоках исследовались величины и изменения годовых стоков питательных веществ, именно растворенных фосфатов амонии и питратов. При этом стоки фосфатов показали одпообразную, а стоки питратов различную картину. Причина этого является зависимосъ выпоса азота с сельскохозяйственных угодий от внесения удобрений и колебаний годовых осадков и стоков.

Summary: Higher nutrient contents in natural water courses increase the rates of eutrophication and add to the deterioration of the receiving marine environment. In Bavaria, a significant decrease in river water phosphate concentrations can be observed for the last years while nitrate concentrations show rising figures. For the Bavaria section of the river Danube and its main tributaries, an investigation was made into the magnitude and the temporal variation of the annual nutrient load transport figures, namely for dissolved phosphate, ammonia and nitrate, for the period 1980-1990. The results show a clear pattern for phosphate loads while that for nitrogen loads is differential, the cause being the dependence of nitrogen leaching from farmland upon fertilizer consumption, annual precipitation and river flow variation respectively.

1. Einleitung

Steigende Nährstoffeinträge in die Fließgewässer haben auch die Meere in Gefahr gebracht. Stickstoff- und Phosphorverbindungen begünstigen das Wachstum von Algen und Wasserpflanzen mit dessen unerwünschten Folgen (Eutrophierung). Seit Jahren beobachtet man in den Flüssen einen Anstieg der Nitratkonzentrationen (Bild 1), in den letzten Jahren konnte durch Phosphatverminderung in den Wasch- und Reinigungsmitteln und durch gezielte Phosphatfällung auf vielen Kläranlagen eine deutliche Abnahme der Phosphatkonzentrationen erreicht werden (Bild 2). Es soll aufgezeigt werden, wie sich Stickstoff- und Phosphorfrachten 1980-1990 in der Donau entwickelt haben.

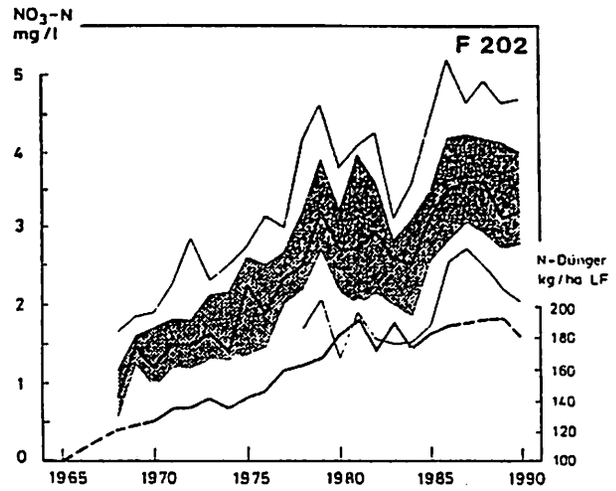


Bild 1 / / Fig. 1
Nitratkonzentration in der Donau; Verbrauch an Stickstoffdünger in Bayern.

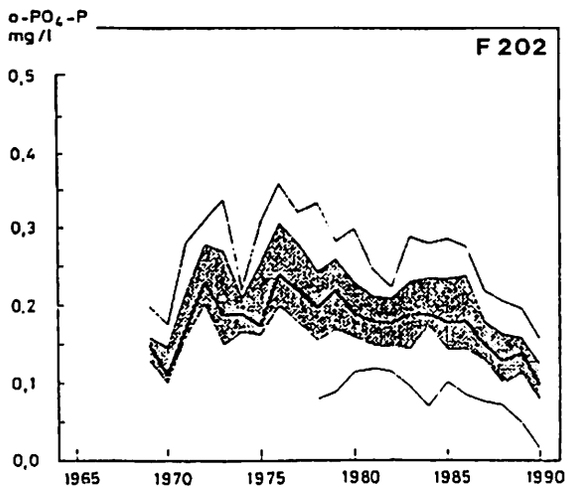


Bild 2 / / Fig. 2
Phosphatkonzentration in der Donau.

Nitrate concentration in the River Danube; consumption of nitrogen fertilizer in Bavaria.

Phosphate concentration in the River Danube.

Stoffkonzentrationen in Fließgewässern sind das Ergebnis aus Eintrag, Umsetzung, Festlegung, Wiederfreisetzung und Wasserführung. Beim Phosphor kann es durch Aufnahme gelösten Phosphats in die pflanzliche Biomasse und durch Bindung an die Oberfläche fester Teilchen zu einer Abnahme der Konzentration des gelösten Phosphats in Fließrichtung kommen, solange kein neuer Eintrag erfolgt. Beim Absterben von Organismen findet eine Freisetzung von Phosphor an die fließende Welle statt. Dazu wird Phosphor zu einem Teil im Sediment festgelegt und bei Abflußanstieg remobilisiert. Bei natürlichen Fließgewässern mit wiederkehrenden Hochwasserereignissen ist ein Phosphorrückhalt über das Jahr gesehen aber nicht gegeben. Die Phosphorverbindungen gelangen in die Gewässer überwiegend mit den Abwässern in Form des für die Organismen leicht verfügbaren gelösten Phosphats (o-PO4-P) oder werden durch Umsetzungsprozesse in diese Form überführt. Der über die Erosion eingetragene Phosphor tritt ungelöst in anorganischen Bindungsformen auf und hat in Fließgewässern kaum eutrophierende Wirkung.

In den Gewässern finden sich sowohl organische als auch anorganische Stickstoffverbindungen. Organisch gebunden ist der Stickstoff in pflanzlichem und tierischem Material (Biomasse), anorganisch gebundener Stickstoff kommt vorwiegend als Ammoniumstickstoff (NH4-N) und Nitratstickstoff (NO3-N) vor. Die Stickstoffverbindungen werden im Gewässer gegenseitig umgewandelt; in der warmen Jahreszeit erfolgen erhebliche Umsetzungen von Ammonium zu Nitrat. Ammonium gelangt mit den Abwässern sowie mit den Abläufen aus der Viehwirtschaft, Nitrat zu einem Großteil über den Grundwasserzustrom und Abschwemmungen aus dem Bereich landwirtschaftlicher Nutzungen in die Gewässer. Stickstoffverbindungen sind als Nährstoffe für Wasserpflanzen und Algen in den Flüssen im Vergleich zu den Phosphorverbindungen meist zweitrangig, im Hinblick auf den Transport über die Flüsse zu den Meeren jedoch gleichbedeutend zu bewerten.

2. Ermittlung der Nährstofffrachten

In Bayern werden die Fließgewässer von der staatlichen Wasserwirtschaftsverwaltung seit 1964 systematisch überwacht. 1981 wurde ein nach hydrologischen Gesichtspunkten aufgebautes Landesmeßnetz für die Dauerbeobachtung eingerichtet. Es besteht derzeit aus 114 Hauptmeßstellen, die entweder mit Pegeln für die Abflußermittlung zusammenfallen, oder für die hilfsweise die Abflüsse von benachbarten Pegeln hergeleitet werden. Die Gewinnung der Daten für die Nährstoffkonzentrationen erfolgt über alle 14 Tage entnommene Wasserproben. Diese werden in den Labors der 24 bayerischen Wasserwirtschaftsämter analysiert. Im Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft werden die Daten des Landesmeßnetzes zentral aufbereitet und ausgewertet. Für die Frachtermittlung wurden Rechenprogramme für verschiedene Berechnungsmethoden entwickelt.

Bei 14täglicher Probenahme stehen für die Ermittlung der Jahresfracht 26 Konzentrationswerte und die aus kontinuierlicher Wasserstandsbeobachtung errechneten Abflußwerte zur Verfügung. Es ist üblich, mittlere Tagestransportwerte in g/s für die Probenahmetage durch Multiplikation der Konzentrationen in mg/l mit dem Abflußtagesmittel in m3/s zu errechnen und die Jahresfracht in kg bzw. t aus den erhaltenen 26 Transportwerten hochzurechnen. Dabei bleiben jedoch 365 - 26 = 339 Tage unberücksichtigt, für die ebenfalls Abflußtagesmittel, allerdings keine Konzentrationswerte bekannt sind. Es hat sich gezeigt, daß man der Jahresfracht näherkommt, wenn man in Ergänzung der 26 gemessenen Konzentrationen 339 fiktive Konzentrationswerte einschaltet. Die fiktiven Konzentrationswerte können auf verschiedene Art erzeugt werden. Zum Beispiel durch lineare Interpolation zwischen den gemessenen Werten oder auch durch Konstanthalten eines Meßwertes in dem der Probenahme zugeordneten Zeitraum. Für beide Fälle haben sich an den untersuchten Hauptmeßstellen kaum signifikante Unterschiede ergeben, so daß wir uns für die letztere Methode entschieden haben. Dabei setzt sich der zugeordnete Zeitraum aus 50 % des des dem Probenahmezeitpunkt vorangehenden Zeitintervalls zuzüglich 50 % des nachfolgenden Intervalls zusammen; wenn alle 14 Tage gemessen wird, also wiederum 14 Tage.

3. Abflüsse 1980 - 1990 im bayerischen Donaugebiet

Die Beantwortung der Frage, ob und wie sich die Nährstofffrachten in den 80er Jahren verändert haben, kann nicht allein durch Vergleich der errechneten Jahresfrachten am Beginn und am Ende des Jahrzehnts erfolgen. Bei Nitrat, das hauptsächlich diffusen Quellen entstammt, spielen Niederschläge und Wasserführung die entscheidende Rolle. Für einen Frachtvergleich wurden daher aus der Jahresreihe 1980 - 1990 jeweils zwei Jahre mit hohem Abfluß (Naßjahre) und zwei mit niedrigem Abfluß (Trockenjahre)

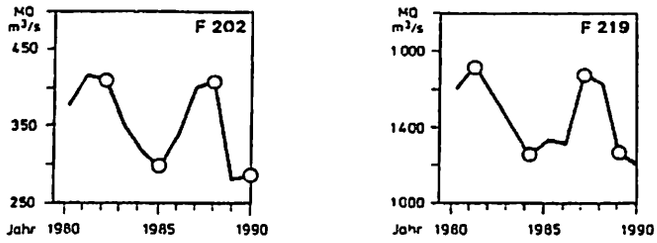


Bild 3 / / Fig. 3
Abflußjahresmittelwerte der Donau in Kelheim (F 202) und Jochenstein (F 219) mit vergleichbaren Jahren.

Average annual discharge figures of the River Danube at Kelheim (F 202) and Jochenstein (F 219) with comparable years.

ausgewählt. Naßjahre mit vergleichbarem hohem MQ waren in der Donau von Ulm bis zur Altmühlmündung 1982 und 1988, unterhalb davon bis zur Innmündung 1981 und 1988 und in Jochenstein, nach dem Zufluß des wasserreichen Inn 1981 und 1987. Trockenjahre mit vergleichbarem niedrigem MQ waren von Ulm bis zur Altmühlmündung 1985 und 1990, unterhalb davon bis zur Innmündung 1985 und 1989 und in Jochenstein 1984 und 1989 (Bild 3). Für die in den Frachtvergleich einbezogenen wichtigsten Donauzuflüsse wurden ebenfalls je zwei Naß- und Trockenjahre mit möglichst gleichem MQ berücksichtigt. Da die Phosphatfällung auf Kläranlagen erst seit etwa 1985 erfolgt, wurden die Phosphatfrachten nur in den Trockenjahren verglichen.

4. Meßstellen

An der bayerischen Donaustrecke werden 11 Hauptmeßstellen (HMS) beobachtet (Tab. 1). Hauptmeßstellen liegen auch an den Nebenflüssen, meistens in Nähe der Mündungen. In den Frachtvergleich wurden jeweils die vier größeren rechten und linken Donauzuflüsse einbezogen (Tab. 2).

Tab. 1 / / Table 1
Hauptmeßstellen Fließgewässer (HMS F) an der Donau in Bayern.

Main river observation sites (HMS F) on the River Danube in Bavaria.

Fluß	HMS F	Fluß-km	AEo in km2	Trockenjahre, Naßjahre
Donau	704 Böfinger Halde	2 581,4	8 107	
	707 Dillingen	2 538,3	11 315	
	712 Schäfstall	2 504,6	15 150	1985 ./. 1990
	101 Bittenbrunn	2 480,0	19 898	1982 ./. 1988
	201 Neustadt	2 432,5	21 792	
	202 Kelheim	2 414,8	22 950	
	203 Bad Abbach	2 398,8	26 446	
	314 Geisling	2 354,0	35 669	1985 ./. 1989
	206 Deggendorf	2 284,6	38 125	1981 ./. 1988
	212 Passau-Kachlet	2 231,0	49 686	
	219 Jochenstein	2 203,8	77 086	1984 ./. 1989 1981 ./. 1987

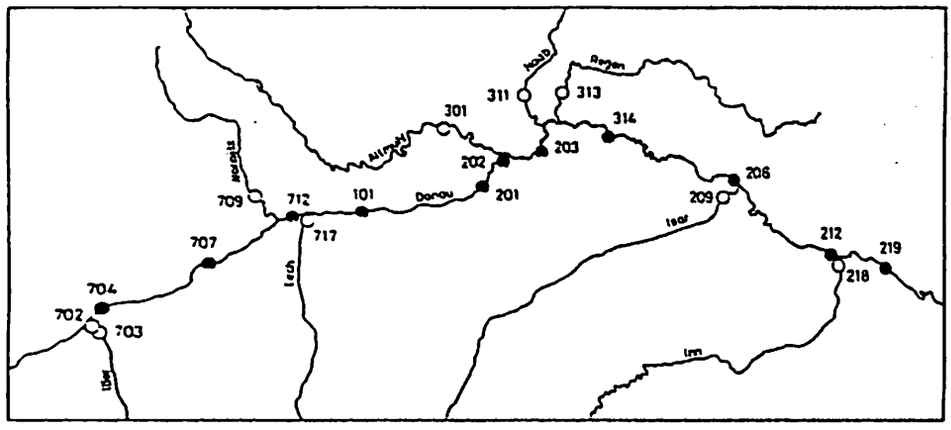


Bild 4 / / Fig. 4
Lage der Hauptmeßstellen (HMS F) an Donau und Nebenflüssen in Bayern.

Location of main observation sites (HMS F) on River Danube and tributaries in Bavaria.

Tab. 2 / / Table 2
Hauptmeßstellen Fließgewässer (HMS F) an den Hauptzuflüssen der Donau.

Main river observation sites (HMS F) on the main tributaries to River Danube.

Fluß	HMS F	AEo in km2	Trockenjahre	Naßjahre
Iller	702/3	2 115	1986 ./. 1990	1982 ./. 1987
Lech	717	3 926	1985 ./. 1990	1982 ./. 1988
Isar	209	8 839	1985 ./. 1990	1982 ./. 1987
Inn	218	26 049	1984 ./. 1990	1981 ./. 1987
Wörnitz	709	1 566	1985 ./. 1989	1981 ./. 1987
Altmühl	301	2 504	1985 ./. 1989	1981 ./. 1988
Naab	311	5 426	1985 ./. 1990	1981 ./. 1987
Regen	313	2 658	1985 ./. 1990	1981 ./. 1987

Tab. 3 / / Table 3
Prozentuale Veränderungen der Nährstofffrachten in der Donau.

Percentages of nutrient load variations in the River Danube.

HMS F	Veränderung in den Trockenjahren				Veränderung in den Naßjahren		
	o-PO4-P	NH4-N	NO3-N	∑ N	NH4-N	NO3-N	∑ N
704	- 60	- 45	- 4	- 6	- 23	+ 4	+ 3
707	- 55	- 63	- 3	- 7	- 51	+ 5	+ 1
712	- 59	- 54	- 5	- 9	- 7	+ 37	+ 35
101	- 49	- 46	- 3	- 6	- 24	+ 23	+ 20
201	- 47	- 2	+ 4	+ 4	- 24	+ 14	+ 12
202	- 47	- 14	+ 9	+ 8	- 24	+ 20	+ 18
203	- 27	- 52	+ 13	+ 9	- 39	+ 17	+ 14
314	- 42	- 10	0	0	- 48	+ 23	+ 17
206	- 40	- 31	- 1	- 3	- 52	+ 3	- 1
212	- 54	- 27	- 10	- 11	- 37	+ 6	+ 3
219	- 45	+ 4	0	0	- 12	+ 7	+ 5

(∑N = NH4-N + NO3-N)

5. Ergebnisse

In den Tabellen 3 und 4 sind die prozentualen Veränderungen zwischen den Jahresfrachten in den ausgewählten Naß- bzw. Trockenjahren (vgl. Tab. 1 und 2) zusammengestellt.

Tab. 4 / / Table 4
Prozentuale Veränderungen der Nährstofffrachten in den Hauptzuflüssen der Donau in Bayern.

Percentages of nutrient load variations in the main tributaries to River Danube in Bavaria.

HMS F	Veränderung in den Trockenjahren				Veränderung in den Naßjahren		
	o-PO4-P	NH4-N	NO3-N	ΣN	NH4-N	NO3-N	ΣN
702/3	- 61	- 58	+ 7	+ 2	+ 57	+ 12	+ 14
717	- 67	- 17	- 6	- 8	- 10	+ 14	+ 9
209	- 61	- 55	- 9	- 13	+ 44	+ 4	+ 7
218	- 51	+ 8	+ 17	+ 16	+ 4	- 3	- 2
709	- 53	- 59	- 11	- 15	- 19	+ 26	+ 23
301	- 43	- 61	- 6	- 7	- 47	+ 8	+ 7
311	- 38	- 43	+ 17	+ 12	- 6	+ 15	+ 13
313	- 48	- 56	- 9	- 13	- 15	+ 10	+ 7

(ΣN = NH4-N + NO3-N)

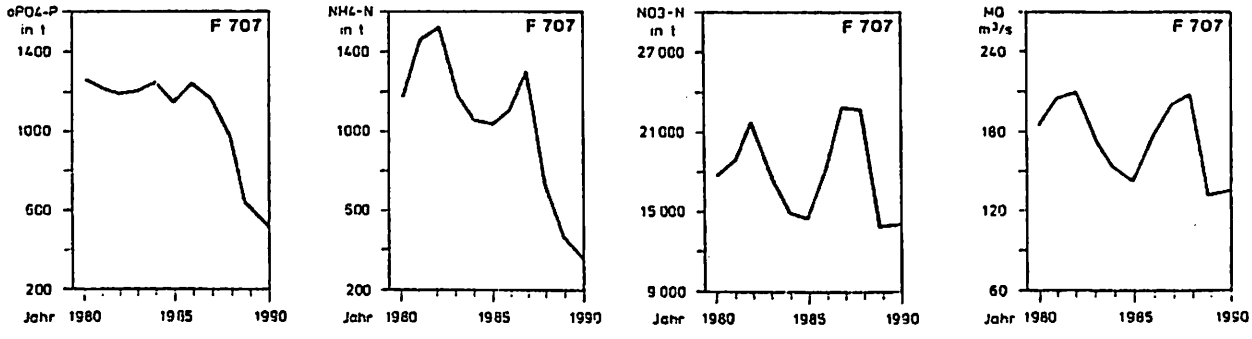


Bild 5 / / Fig. 5
Phosphat-, Ammonium- und Nitratjahresfrachten im Vergleich mit den Abflußjahresmitteln; Donau in Dillingen (F 707).

Annual phosphate, ammonia and nitrate load figures in comparison with average annual discharge; River Danube at Dillingen (F 707).

Augenfällig ist der starke Rückgang der Phosphat-(o-PO4-P)Frachten seit 1985, Ergebnis der gezielten Phosphatfällung auf den Kläranlagen (Bild 5). Überwiegend abgenommen haben auch die Ammonium-(NH4-N)Frachten infolge der in den 80er Jahren auf den Kläranlagen gezielt eingesetzten Nitrifikation. Die dadurch bewirkte erhöhte Nitratabgabe in die Gewässer soll künftig durch Maßnahmen zur gesteuerten Denitrifikation rückgängig gemacht werden.

Keine eindeutige Tendenz ist für die Nitrat-(NO3-N)Frachten erkennbar. Streckenweisen Abnahmen im Vergleich der beiden Trockenjahre stehen Zunahmen bei den Naßjahren gegenüber. Insgesamt zeigt sich, daß die Nitratfracht mit dem Abfluß steigt und fällt (Bild 5). Dies ist ein Hinweis auf die Herkunft des Nitrats überwiegend aus diffusen Quellen.

Vergleicht man die gesamte Meßreihe 1968 - 1990 für die Nitratkonzentration in der Donau bei Kelheim (HMS F 202) mit der Entwicklung des Stickstoffdüngerverbrauchs auf den landwirtschaftlichen Flächen in Bayern, so fällt sofort der übereinstimmende Trend auf (Bild 1). Mit den abschätzbaren Stickstofffrachten aus Abwassereinleitungen, dem Düngerverbrauch und Literaturangaben zum Stickstoffeintrag über den Niederschlag und aus der Landwirtschaft wurde für das Jahr 1985 die Stickstofffracht der Donau bei Kelheim von ca. 30 500 t überschlägig in folgende Anteile zerlegt:

- Grundlast (25 % der N-Fracht 1968) 3 000 t
- Abwassereinleitung (kommunal + Industrie) 8 000 t
- Deposition (8 % von 15 kg/ha x a) 2 500 t
- Landwirtschaft 17 000 t.

Mit dieser Aufteilung und der Annahme, daß 1968 der Einfluß der Landwirtschaft in der Grundlast enthalten war, wird für die Jahre um 1985 das Steigen und Fallen der Nitratfracht parallel zum Abfluß darstellbar. Danach sind neben o. g. Anteilen für Grundlast, Abwassereinleitung und Deposition in einem Trockenjahr wie 1989 (MQ ca. 280 m^3/s) rund 20 %, im Normaljahr (langjähriges MQ ca. 330 m^3/s) rund 30 % und in einem Naßjahr wie 1988 (MQ ca. 420 m^3/s) rund 40 % des im Einzugsgebiet gegenüber 1968 zusätzlich verwendeten N-Düngers in der Donau wiederzufinden.

Die Größenordnung der Nährstofffrachten 1985 für die Donau und ihre Hauptzuflüsse in Bayern zeigen Tab. 5 und 6. Zum besseren Vergleich verschiedener Einzugsgebiete wurden spezifische Frachten angegeben.

Tab. 5 / / Table 5
Spezifische Nährstofffrachten in kg/km^2 (Donau, 1985).

Specific nutrient loads in kg/km^2 (River Danube, 1985).

Fluß	HMS F	o-PO4-P	NH4-N	NO3-N
Donau	704	86	55	1250
	707	100	91	1270
	712	86	88	1250
	101	73	103	1300
	201	76	76	1260
	202	74	69	1250
	203	70	82	1150
	314	60	64	1140
	206	67	68	1210
	212	78	80	1220
	219	71	107	1250

Tab. 6 / / Table 6
Spezifische Nährstofffrachten in kg/km² (Nebenflüsse, 1985)

Specific nutrient loads in kg/km² (tributaries, 1985)

Fluß	HMS F	o-PO4-P	NH4-N	NO3-N
Iller	702/3	140	107	2040
Lech	717	145	449	1650
Isar	209	170	224	2190
Inn	218	62	121	1090
Wörnitz	709	72	107	1260
Altmühl	301	35	34	1240
Naab	311	40	83	840
Regen	313	36	78	820

6. Literaturverzeichnis

/1/ BACH, E.: Gewässerbeschaffenheit und -güte der Donau in Bayern. Wasser und Abwasser, Wien, Bd. 31 (1987), S. 85 bis 109.

/2/ BACH, E.: Donauwasserqualität in Langzeitdarstellung. Wasser und Abwasser, Wien (1992, im Druck).

/3/ BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch für Bayern, 1981, 1984, 1987, 1990.

/4/ DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN: Umweltgutachten 1987. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart und Mainz, 1987.

/5/ DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E. V. -DVWK- (Hrsg., bearb. vom Fachausschuß "Inhaltsstoffe des Niederschlags"; Führer, H.-W., Mitverf.): Ergebnisse von neuen Depositionsmessungen in der Bundesrepublik Deutschland und im benachbarten Ausland. Bonn, 1988, DVWK Mitteilungen 14.

/6/ SCHLEYPEN, P.: Minderung des Nährstoffeintrags durch kommunale Kläranlagen in Gewässer nach Inkrafttreten der gesetzlichen Zielvorgaben. Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, R. Oldenbourg Verlag München Wien (1992, im Druck).

Anschrift des Verfassers

Erwin Bach
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
Lazarettstraße 67
D-8000 München 19

S. 8

Limnologischer Zustand der bayerischen Donau und ihrer wichtigsten Nebenflüsse

- Donaubasisuntersuchung -

Reg.-Dir. Schmid, Regensburg

Kurzfassung

Auf ihrem Weg durch Bayern durchläuft die Donau eine Strecke von rd. 385 km. Sie ist hydrographisch die Hauptader der Alpen- und Voralpenflüsse des nördlichen Alpenrandes sowie für einige aus dem Norden mündende Flüsse.

Im Rahmen der staatlichen Gewässeraufsicht fiel seit Anfang der 50er Jahre ein großes chemisches und biologisches Datenmaterial an. Die Gesamtdarstellung fehlte jedoch bisher.

Das Referat liefert einen Überblick über den Sauerstoffhaushalt, den saprobiellen Zustand, die durch eine Sonderuntersuchung ergänzte Phytoplanktonproduktion, das Zooplankton, die Diatomenflora sowie das Benthon.

Die durchgeführte Donaubasisuntersuchung stellt eine wertvolle Grundlage für weitergehende Beurteilungen wie z.B. für die Auswirkungen der zunehmenden Stauregelungen oder die Überleitung von Donauwasser in das Regnitz-Main-Gebiet dar.

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

BEITRAG ZUR STRUKTUR UND ENTWICKLUNGSDYNAMIK DER BENTHALFAUNA DER DONAU ZWISCHEN KELHEIM UND JOCHENSTEIN

О СТРУКТУРЕ И ДИНАМИКЕ РАЗВИТИЯ БЕНТАЛЬНОЙ ФАУНЫ НА ДУНАЕ НА УЧАСТКЕ ОТ Г. КЛЕЛЬХЕЙМ ДО Г. ЙОХЕНШТЕЙН

CONTRIBUTION ON THE STRUCTURE AND DYNAMICS OF THE MACROZOOBENTHOS IN THE DANUBE BETWEEN KELHEIM AND JOCHENSTEIN

T. Tittizer, H. Leuchs & M. Banning
Т. Титтицер, Х. Лойхс, М. Баннинг

Kurzfassung: Die Benthalfauna der Donau weist eine mosaikartige Verteilung auf. Sowohl im Quer- als auch im Längsprofil sind Unterschiede in der arten- und mengenmäßigen Zusammensetzung der Biozönose festzustellen. Generell konnten im Uferbereich mehr Arten nachgewiesen werden als an der Stromsohle. Die Unterschiede sind auf die Korngrößen und somit Mobilität des Besiedlungssubstrates zurückzuführen. Von den insgesamt 159 nachgewiesenen Taxa sind 31 (=19%) unter Schutz gestellt. Das Besiedlungsbild ist von der Gruppe der Crustaceen und Chironomiden geprägt. Diese zwei Gruppen bilden mit 76% bzw. 13% insgesamt 89% der Besiedlungsdichte. 34% der Zoozönose wird von lithophilen und 32% von litho-phytophilen Arten gestellt. Pelophile und psammophile Organismen sind mit nur 4% bzw. 6% an der Besiedlung beteiligt. Mit dem Ausbau und Aufstau der Donau gehen Veränderungen der Benthalfauna einher. Während Ausbaumaßnahmen (Vertiefung und Verbreitung der Fahrrinne) grundsätzlich zu einer zeitlich befristeten Beeinträchtigung der Lebensgemeinschaft führen, haben Stauregelungsmaßnahmen (Umwandlung der Donau in einer Kette von Staustufen) eine dauerhafte Veränderung der Biozönose zur Folge.

Резюме: Бентальная фауна р. Дунай показывает мозаичное распределение разнообразных видов. В поперечном так и в продольном профилях заметно различие в видовом и количественном составе биоценоза. Вообще в прибрежной зоне была установлена большую разновидность чем на дне реки. Эта различность основывается на гранулометрическом составе и динамике заселенного субстрата. Из всего 159 установленных тисов (Taxa) 31 видов (= 19 %) были подставлены под защитой. На данном участке Дуная встречаются и эндемические виды. Картина заселения охарактезирована группой видов ракообразных (Crustacea) и комаров дергунов и звонцов (Chironomidae). Эти две группы в количестве 76 и 13 % соответственно ссоставляют 89 % всей заселенности. 34 % зооценоза составляется литофильными и 32 % литофитофильными видами. Литопелофильные и псамофильные организмы составляют только 2 % или 6 % заселения соответственно. В связи с использованием реки и созданием подпорных сооружений изменяется и бентальная фауна. В то ремя как строительные меры на реке (углубление и уширение фарватера реки) в основном приводят к временному ухудщению биоценоза, то подпорные сооружения (превращение реки Дунай в каскад подпорных ступеней) вовлечет за собой постоянное изменение биоценоза.

Summary: The macrozoobenthos of the Danube shows a mosaic distribution pattern. Differences in species diversity and abundance of the macrozoobenthos are found as well in the cross section as in the

longitudinal section. Generally more species dwell on the stream banks than on the stream bottom. The different distribution patterns depend on the grain size of the colonized substrates and thus on their mobility. 31 of the altogether 159 proved taxa of the Danube between Kelheim and Jochenstein are threatened in Germany. The colonization pattern is dominated by Crustaceans (76%) and Chironomid (13%), which make up 89% of the total abundance of the macrozoobenthos. The majority of the macrozoobenthos species prefer stone sediments and algae (lithophilous species 34%, litho-phythophilous species 32%). Only few species dwell on mud or sand (pelophilous species 2%, psammophilous species 6%). River regulation measures bring about changes in the composition of the macrozoobenthos. While deeping and broadening of the river-bed generally only causes temporary impairments, impoundment brings about permanent changes in the composition and abundance of the macrozoobenthos.

1. Einleitung

Im Zuge der Anpassung des westdeutschen Wasserstraßennetzes an die Erfordernisse der modernen Schiffahrt werden seit 1976 an der Donau umfangreiche Ausbauarbeiten durchgeführt. Ziel dieser Arbeiten ist die Schaffung einer 3,10 m tiefen und 40 m breiten Fahrrinne, die einen reibungslosen Verkehr von Euro-II-Leichtern (L = 180 m, B = 11 m) ermöglicht.

In den Donauabschnitten Kelheim-Regensburg und Regensburg-Geisling (siehe Abb. 1) sind diese Arbeiten bereits in den Jahren 1978 bzw. 1985 abgeschlossen worden. Im Abschnitt Geisling-Straubing werden sie voraussichtlich 1993 zum Abschluß gebracht. Die unterhalb gelegene Strecke befindet sich in der Phase der Ausbauplanung.

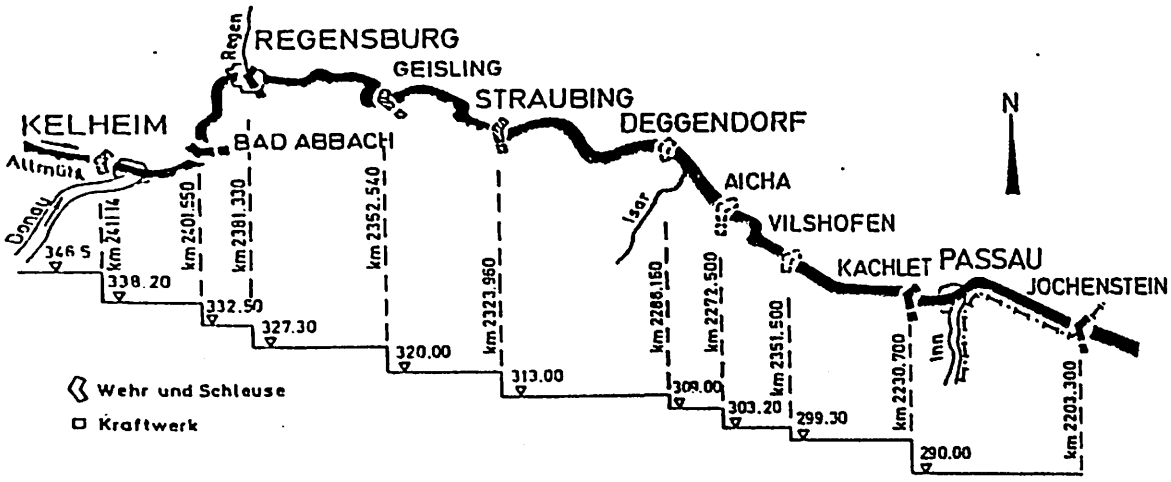


Abb. 1: Übersichtsplan zum Donauausbau
General Map of the Danube
Общий план регулирования р. Дунай

Um die Art und das Ausmaß der durch die Ausbaumaßnahmen verursachten Veränderungen im Faunenbild festzustellen, führt die Bundesanstalt für Gewässerkunde seit 1976 faunistisch-ökologische Untersuchungen an der Donau durch. Die hier vorliegende Arbeit beschreibt das Makrozoobenthos der Donau im Abschnitt Kelheim-Jochenstein in dem Zeitraum 1976-1990. Die in den 15 Jahren gewonnenen Ergebnisse geben Auskunft über die Struktur und Langzeitentwicklung der Benthalfauna und lassen zugleich kausale Zusammenhänge zwischen den hydrologisch-morphologischen Faktoren einerseits und Struktur der Zoozönose andererseits erkennen.

2. Untersuchungsmethodik

Die faunistischen Bestandserhebungen erfolgten bis 1985 vom Ufer aus, unter Zuhilfenahme moderner Untersuchungstechniken (TITTIZER & SCHLEUTER 1986) wurden ab 1987 sowohl die Ufer- als auch die Sohlenbereiche der Donau erfaßt. Für die Entnahme der Substratproben diente dabei ein Schwimmbagger mit Zweischalengreifer. Aus den an Deck eines Beibootes gehobenen Proben (1,5 m² Grundfläche) wurden mit einem Stechrahmen Teilproben von 1500 cm² abgestochen, ausgehoben und wie folgt aufgearbeitet: Steine und Kies wurden in einen mit

Wasser gefüllten Behälter gegeben und mit einer weichen Bürste abgebürstet. Das so gewonnene, suspendierte Material wurde zusammen mit dem feinkörnigen Anteil der Proben (Sand, Schluff) in Sieben von 2,0, 0,6 und 0,2 mm Maschenweite durch mehrmaliges Waschen von Trübstoffen befreit und anschließend in weiße Schalen überführt. Hier erfolgte zuerst eine Durchmusterung des gesamten biologischen Materials nach Rote-Liste-Arten und danach eine Konservierung in 80%igem Äthanol. Die weitere Aufarbeitung des biologischen Materials (Artdiagnose, Ermittlung der Artenzahl und der Besiedlungsdichte etc.) wurde im Labor vorgenommen.

3. Ergebnisse

Die faunistischen Erhebungen an der Donau zwischen Kelheim und Jochenstein ergaben insgesamt 159 Arten und höhere Taxa; davon sind 31 (=19%) in der Roten Liste der gefährdeten Tiere in der Bundesrepublik (BLAB et al. 1984) verzeichnet. Den Hauptanteil der Besiedlung bildet die Gruppe der Crustacea und die der Chironomidae. Diese zwei Gruppen stellen mit 76% bzw. 13% insgesamt 89% der Besiedlungsdichte. Aspektbildend sind auch die Gruppen der Mollusken (4%), der Trichoptera (3,4%) und die der Strudelwürmer (2,5%). Alle anderen Gruppen sind jeweils mit weniger als 1% an der Besiedlungsdichte beteiligt. Einige sind stenöke Organismen, die an ganz bestimmte Habitatsstrukturen gebunden sind (litho-, psammo-, pelo und phytophile Arten). Zu den letzteren gehören: Theodoxus danubialis, T. transversalis, Viviparus acerosus, Hypania invalida, und Jaera sarsi (KOTHÉ 1968a, JUNGBLUTH, GERBER & LEUCHS 1988, TITTIZER & LEUCHS 1988, LEUCHS & TITTIZER 1989, TITTIZER, LEUCHS, BANNING 1989, 1992).
Von den einzelnen Arten der Makrozoozönose weisen die Köcherfliegen Hydropsyche contubernalis (61%) und Brachycentrus subnubilus (51%) sowie die Krebse Corophium curvispinum (78%) und Dikerogammarus haemobaphes (59%) die höchste Konstanz auf; die der übrigen Arten liegt unter 50%. 63% der Arten weisen eine Konstanz von weniger als 4% auf.
Der größte Anteil der Zoozönose (34%) wird von lithophilen Arten gestellt. Litho-phytophilen Arten bilden 32% und die psammophilen Organismen 6% der Zoozönose. Mit nur 4% bzw. 2% sind die pelophilen und phytophilen Arten an der Besiedlung beteiligt. Die restlichen 28% sind Ectoparasiten (wie z.B. Piscicola geometra), leben in Süßwasserschwämmen (wie z.B. Sisyra sp.) oder weisen keine ausgeprägten Substratpräferenzen auf (wie z.B. Gammarus spp.). Rund ein Drittel (33%) aller Arten ist rheophil, 6% der Makrozoen gehört der Gruppe der Limnophilen an, der Rest (61%) besiedelt sowohl lotische als auch lenitische Gewässerbereiche.

Das Makrozoobenthos der Donau weist eine mosaikartige Verteilung auf. Sowohl im Quer- als auch im Längsprofil sind Unterschiede in der arten- und mengenmäßigen Zusammensetzung der Zoozönose festzustellen. In der Regel ist im Uferbereich die Artenzahl (im Mittel 17 Taxa) und die Besiedlungsdichte (im Mittel 23.000 Ind./m²) größer als an der Gewässersohle (mittlere Artenzahl: 12 Taxa, mittlere Besiedlungsdichte: 17.000 Ind./m²). Während die im Uferbereich

vorkommenden großen und lagerungsstabilen Bruchsteine für eine Vielzahl von Makrozoen günstige Ansiedlungsmöglichkeiten bieten, sind die meist feinkörnigeren Sedimente an der Gewässersohle nur von einigen wenigen Arten besiedelt (siehe Abb. 2). Durch die ständige oder zeitweilige Umlagerung und den Transport der feinkörnigen Sedimente sind die Ansiedlungsmöglichkeiten für die Mehrzahl der Makrozoen in diesen Sohlenbereichen stark eingeschränkt (KOTHÉ 1968b).

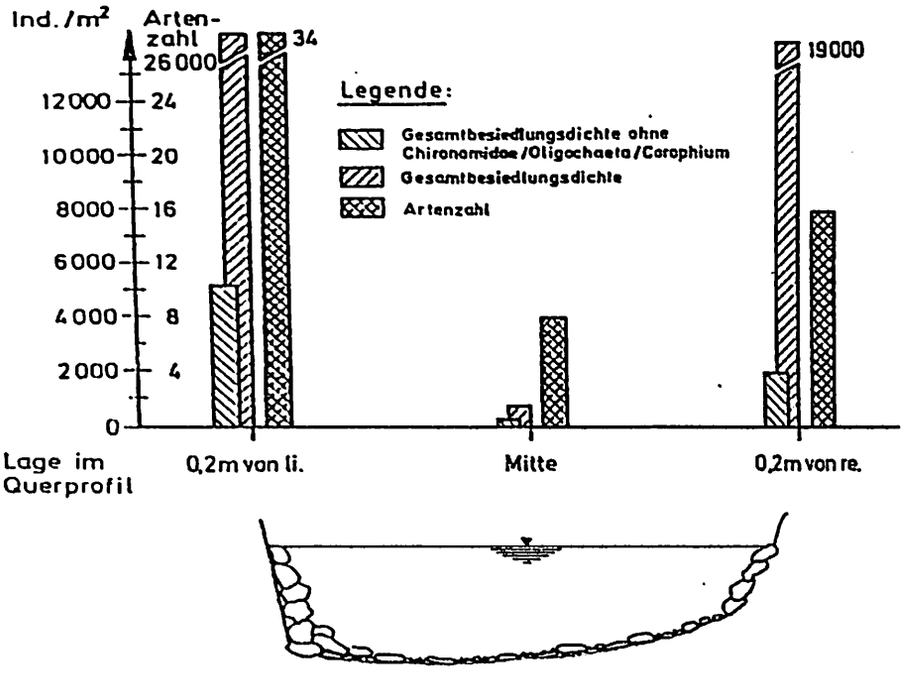


Abb. 2: Faunistisches Besiedlungsbild im Querprofil der Donau bei km 2250,5
The colonization pattern of the macrozoobenthos in the cross section of the Danube at km 2250,5
Картина заселения фауны в поперечном сечении р. Дунай при км 2250,5

Unterschiede im Besiedlungsbild der Makrozoen sind auch im Längsprofil der Donau zu erkennen (siehe Abb. 3). Während im Unterwasser der Stauwehre und im Bereich der noch freifließenden Flußabschnitte die litho-rheophilen Organismen, wie z.B. die Gruppen der Hydropsychidae, Rheotanytarsinae und Simuliidae das Besiedlungsbild prägen, setzt sich die Zoozönose im Oberwasser der Stauwehre hauptsächlich aus pelo- und psammophilen Taxa, wie z.B. Chironominae, Hypania invalida, Spaerium corneum, Lithoglyphus naticoides, Anodonta anatina und Viviparus acerosus zusammen. Diese Arten leben bevorzugt in den lenitischen Bereichen von Fließgewässern. Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen auch eine zeitliche Veränderung der Benthalfauna in den letzten 15 Jahren erkennen. Als Haupteinflußfaktoren sind Gewässerverschmutzung und Ausbau zu nennen. Die Verbesserung der Saprobitätsverhältnisse insbesondere ab Mitte der 80er Jahre, hatte eine Zunahme sowohl der Gesamtartenzahl als auch der Zahl der Beta- und Oligosaprobier zur Folge. Die Vertiefung und Verbreiterung der Fahrrinne führte ebenfalls zu Beeinträchtigungen der Benthalfauna der Donau. Die in diesem Zusammenhang durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, daß sich in den neu gestalteten Ufer- und Sohlenbereichen in etwa zwei bis drei

Jahren die typische Besiedlungsstruktur wieder einstellt (TITTIZER, SCHLEUTER, A. & SCHLEUTER, M. 1988). Auch konnte festgestellt werden, daß eine enge Korrelation zwischen der Art und dem Ausmaß der Beeinträchtigungen einerseits und der Intensität der Veränderungen der morpho-hydrologischen Gegebenheiten andererseits besteht. Bleiben die morphologischen und hydrologischen Verhältnisse weitgehend unverändert, so treten auch keine dauerhaften Beeinträchtigungen auf (TITTIZER 1985, 1990).

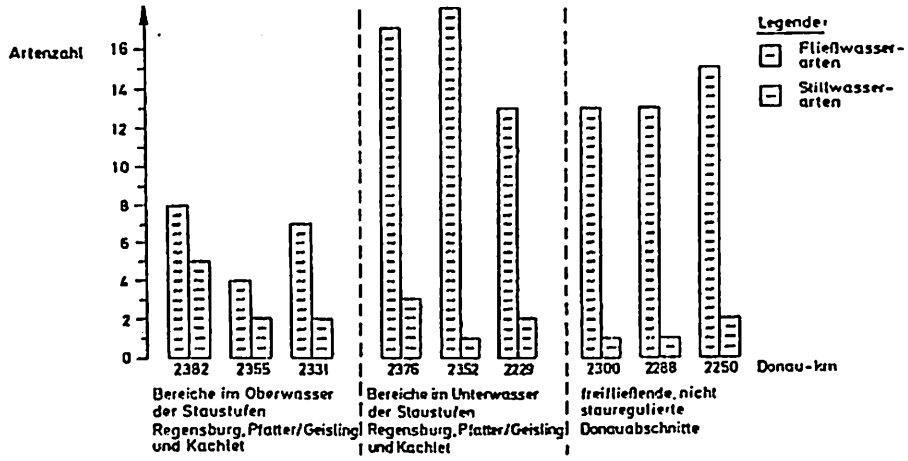


Abb.3: Anzahl der nachgewiesenen Fließwasser- und Stillwasserarten in verschiedenen Bereichen

Number of the found lotic and lenitic species in areas with different stream velocities

Количество обнаруженных видов в проточной и застойной водах разных зон

Auch der Aufstau der Donau ist mit Folgen für die Flußbettlebensgemeinschaft verbunden. Bedingt durch die Herabsetzung der Fließgeschwindigkeit (stellenweise von 0,8 m/s auf 0,1 m/s) und die dadurch hervorgerufene intensive Sedimentablagerung sowie weitgehende Beruhigung der Gewässersohle fand in dem staugeregelten Abschnitt der Donau (Kelheim-Geisling) eine Umstrukturierung der Benthalfauna statt. Dabei wurden viele rheophile Arten (z.B. Gammarus fossarum, Caenis luctuosa, Ephemerella ignita, Heptagenia flava, Potamanthus luteus, Aphelocheirus aestivalis, Elmis spp., Brachycentrus subnubilus, Hydropsyche contubernalis, Rhyacophila nubila, Atherix ibis, Rheotanytarsus sp. Simulium sp.) durch limnophile Organismen (z.B. Acroloxus lacustris, Laccophilus hyalinus, Ceraclea fulva, Cyrnus flavidus, Mystacides nigra) verdrängt. In Bereichen mit erheblicher Sedimentation (z.B. Oberwasser des Stauwehres Geisling) sind die für das Fließgewässer charakteristischen Hohlräume im Gewässerboden mit feinkörnigem Sediment zugesetzt und überlagert. Die für die freifließende Donau typische lithophile Fauna verschwand somit und an ihre Stelle traten psammo- und pelophile Arten. Die Befunde der benthosbiologischen Untersuchungen zeigen, daß bei Beibehaltung einer mittleren Mindestströmungsgeschwindigkeit, errechnet für MNQ, von über 0,4 m/s keine bedeutsame Umstrukturierung der Biozönose stattfindet (TITTIZER, LEUCHS & BANNING 1990). Sinkt die Strömungsgeschwindigkeit jedoch unter 0,4 m/s,so bewirkt dies eine Verdrängung der rheobionten Arten.

4. Literaturverzeichnis

KOTHÉ, P. (1968a): Hypania invalida (Polychaeta, Sedentaria) und Jaera sarsi (Isopoda) erstmals in der Donau.- Arch. Hydrobiol., Suppl. 34, S. 88-114

KOTHÉ, P. (1968b): Über die Anwendung biologischer Methoden bei der Ermittlung von Geschiebetransport und Flußbettänderungen.- Symposium "Aktuelle Fragen der Flußregulierung und der Feststofführung" I: 1-8, Ungar. Akad. d. Wiss., Budapest

LEUCHS, H. & TITTIZER; T. (1989): Wiederfund von Theodoxus danubialis in der Donau.- Heldia 1, 5/6, S. 194-195

JUNGBLUTH, J.H., GERBER, J. & LEUCHS, H. (1988): Beiträge zur Molluskenfauna der Donau.- I. Mitt. dtsch. malakozool. Ges. 43, 1-18

TITTIZER; Z. (1985): Die Auswirkung wasserbaulicher Maßnahmen auf den biologischen Zustand von Fließgewässern, erläutert am Beispiel der Donau.- Internationale Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD), 24. Arbeitstagung, Szentendre/Ungarn, S. 143-144

TITTIZER, T. (1990): Über den Einfluß hydrodynamischer und gewässermorphologischer Faktoren auf das Makrozoobenthos der Donau und ihrer Nebenflüsse.- Limnologische Berichte der 28. Tagung der IAD; Verlag d. Bulg., Sofia, S. 79-90

TITTIZER, T. & LEUCHS, H. (1988): Biologisch-ökologische Untersuchungen im Rahmen der Beweissicherungsmaßnahmen für den Ausbau der Donau in den Staustufen Bad Abbach und Regensburg (Donau-km 24515-2380). BfG-0452.- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

TITTIZER, T., LEUCHS, H. & BANNING, M. (1989): Biologische-ökologische Untersuchungen im Rahmen der Beweissicherungsmaßnahmen für den Ausbau der Donau in den Staustufen Geisling und Straubing (Donau-km 2382,30-2319,00). BfG-0485.- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

TITTIZER, T., LEUCHS, H. & BANNING, M. (1992): Biologisch-ökologische Untersuchungen zum Ausbau der Donau zwischen Straubing und Vilshofen (Donau-km 2324,0-2248,0).- Bundesanstalt für Gewässerkunde (in Vorbereitung)

TITTIZER, T., LEUCHS, H. & BANNING, M. (1990): Einfluß der Mindestströmungsgeschwindigkeit auf das Makrozoobenthos der Donau. Limnologische Berichte der 28. Tagung der IAD; Verlag der Bulg., Sofia, S. 140-144

TITTIZER, T. & SCHLEUTER, A. (1986): Eine neue Technik zur Entnahme quantitativer Makrozoobenthosproben aus Sedimenten größerer Flüsse und Ströme - erläutert am Beispiel einer faunistischen Bestandsaufnahme am Main.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, 30, H. 5/6, S. 147-1439

TITTIZER, T., SCHLEUTER, A. & SCHLEUTER, M. (1988): Untersuchung zur Wiederbesiedlung vertiefter Sohlenbereiche der Rhein-Main-Donau-Wasserstraße. Internationale Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD), 27. Arbeitstagung, Constanta Mamaia/Rumänien, S. 176-181

Anschrift der Verfasser:
Dr. Thomas Tittizer
Dr. Heiko Leuchs
Dipl. Biol. Mechthild Banning
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15-17
D-5400 Koblenz 1

XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen
und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen
Kelheim, Mai 1992

UNGARN ALS UNTERLIEGER

ВЕНГРИЯ - СТРАНА С ТРАНЗИТНЫМ СТОКОМ

HUNGARY AS A DOWNSTREAM COUNTRY

B. Hock
Б. Хок

Kurzfassung: Ungarns Wasserwirtschaft ist grundlegend bestimmt durch den Umstand, daß der überwiegende Teil (96%) seines Oberflächenwasserdargebotes aus Oberliegerstaaten in das Land gelangen. Der erste Teil des Beitrages gibt einen Überblick über die Geschichte der auf die Wasserqualität bezogenen bi- und multilateralen Zusammenarbeiten des Landes und wertet deren Ergebnisse aus. Der zweite Teil des Beitrages vermittelt über die Wasserverhältnisse der Grenzgewässer sowohl ein statistisches Bild (1990), als auch einen Überblick über deren Entwicklung während der Periode 1971-1990.

Резюме: Водное хозяйство Венгрии во многом определено фактом, что преобладающая часть поверхностного стока (96 %) поступает из заграницы, из выше лежащих частей водосборов. В первой части доклада рассматриваются двухсторонние и многосторонние формы сотрудничества в области защиты качества поверхностных вод, также дается их оценка. Во второй части иллюстрируется состояние пограничных водотоков на уровне 1990 года, а также дается динамика качества воды за период 1971-1990 гг.

Summary: Hungary's water resources management is basically determined by the fact that she receives most of her surface water resources (96%) from her upstream neighbours. The first part of the paper is a historical survey and an evaluation of the water quality related bi- and multilateral cooperation of the country. The second part of the paper characterizes the water quality situation of water courses crossing the country's frontiers both for the year 1990 (static survey) and the development between 1971 and 1990 (dynamic survey).

1. Bilaterale und multilaterale Zusammenarbeiten

Ungarns Wasserwirtschaft ist grundlegend determiniert durch den Umstand, daß der überwiegende Teil (96 %) seines Oberflächenwasserdargebots aus Oberliegerstaaten in das Land gelangt. Eben deshalb war Ungarn daran besonders interessiert, mit seinen Nachbarstaaten - in zeitlicher Reihenfolge zuerst im Zusammenhang mit der Sicherheit des Hochwasser- und Polderwasserschutzes, später eine rationelle Aufteilung der Wasserforräte betreffend, und schließlich zum Zweck der Reinhaltung der Grenzgewässer - bilaterale wasserwirtschaftliche Zusammenarbeiten anzuregen. Die bilateralen Kooperationen auf Regierungsniveau wurden durch die - infolge des Pariser Vertrages von 1923 installierten - Permanenten Wasserwirtschaftlich-Technischen Kommission begründet.

Nach dem II. Weltkrieg hat eine rasche Entwicklung der Zusammenarbeit an den Grenzgewässern begonnen. In ihrem Rahmen wurden Grenzgewässer-Abkommen, und später Abkommen über den Schutz der Wasserqualität abgeschlossen. Über eine allmähliche Verfeinerung der somit abgeschlossenen Verträge wurde die heutige Situation erreicht, wo die Unterkommissionen für Wasserwirtschaft in Laufe ihrer i.a. jährlich einmal (oder zweimal) abgehaltenen Sitzungen einerseits die Ergebnisse der im jeweiligen Vorjahr durchgeführten (gemeinsamen) Untersuchungen, andererseits aber die im Vorjahr stattgefundenen außerordentlichen Wasserverschmutzungen (Havarien) auswerten. Die Zeitpunkte der jeweils ersten Abschlüsse bilateraler Abkommen sowie die gegenwärtigen Häufigkeiten der Probenahmen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt [1].

Tabelle 1

Bi- und multilaterale wasserwirtschaftliche Zusammenarbeiten Ungarns [1]

Abkommen	Jahr des ersten Abkommens für Grenzgewässer	Jahr des ersten Abkommens für Wassergüte	Häufigkeit der Probenahmen im Jahr 1990 (Probe/Jahr)
Österr.-ung.	1956	1972	4
Tschechisch/slow.-ung.	1937	1954	2x12
Sowjetisch-ung.	1966	1981	12
Rumänisch-ung.	1951	1973	2x12
Jugosl.-ung.	1955	1966	12
Theiß, fünfseitig*)	1986	1986	12
Donau, achtseitig	1985	1985	12

*) Inkrafttretung im Jahre 1991; Durchführung bis März 1992 noch nicht begonnen

Die ungarischen Erfahrungen mit den bilateralen Zusammenarbeiten an den Grenzgewässern können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- Die bilateralen Abkommen Ungarns können, bis auf das österreichisch-ungarische Grenzgewässer-Abkommen, heute schon theoretisch als zeitgemäß bezeichnet werden.
- Die abkommen müssen ständig imstandgehalten werden, z.B. im Hinblick der Einführung der Messung von Mikroverschmutzern,die bislang ausschließlich in der tschechisch/slowakisch-ungarischen Relation ausgeübt wurden.
- Die Methoden zur Auswertung der jährlichen Meßergebnisse sind noch heterogen.
- Das wie der Auswertung der während einer 5 bis 10jährigen Periode beobachteten zeitlichen Veränderungen der Wasserbeschaffenheit ist noch nicht gelöst.
- Bei außerordentlichen Wasserverschmutzungen (Havarien) ist der Inhalt und der Zeitpunkt der weitergeleiteten Informationen nicht immer befriedigend [2].

Von den multilateralen Zusammenarbeiten seien hier zwei Tätigkeiten genannt. Die Regierungsbevollmächtigten der im Einzugsgebiet der Theiß interessierten fünf Länder (SU,RO,CS,H,YU) haben das Dokument "Abkommen über den Schutz vor Verschmutzung der Theiß und ihrer Zubringer" am 26. Mai 1986 unterschrieben. Die Vertragspartner einigten sich u.a. darin, auf ihren Hoheitsgebieten, ihren eigenen Rechtsordungen und technisch-wirtschaftlichen Möglichkeiten entsprechend, Maßnahmen für eine Verhinderung der Verschmutzung der Theiß und ihrer Zubringer zu treffen. Auf Grund bilateraler Abkommen werden sie die Beobachtungs- und Auswertungssysteme erarbeiten und aufeinander abstimmen, den Stand der Wassergüte an den Grenzgewässern festhalten sowie Maßnahmen zur Verringerung der Verschmutzungen treffen. In Hinblick auf die außerordentlichen Verschmutzungen werden die Vertragspartner die gegen die Verbreitung der Verschmutzungen notwendigen Maßnahmen treffen, den jeweiligen Unterliegerstaat entsprechend informieren und ermöglichen, da bei der Schadenbekämpfung dem anderen Staat geholfen werde. Der Depositar des Abkommens ist die ungarische Regierung, die nach dem Inkrafttreten desselben, also ab 1992, die Lösung der damit verbundenen Aufgaben besorgen wird.

Die Deklaration über die Zusammenarbeit der Donaustaaten in den wasserwirtschaftlichen Fragen der Donau, insbesondere für ihren Schutz vor Verschmutzungen wurde durch die Regierungsbevollmächtigten der acht Donaustaaten in Bukarest, am 13. Dezember 1985 unterschrieben (Bukarester Deklaration). Laut dieser Erklärung werden die Regierungen der Donaustaaten, ihren internen Rechtsvorschriften und technisch-wirtschaftlichen Möglichkeiten entsprechend, alles für die Erhaltung der Wasserqualität tun, mit besonderer Rücksicht auf die gefährlichen und radioaktiven Stoffe sowie auf eine allmähliche Verminderung des Verschmutzungsgrades, wobei auch den mit dem Donauwasser zusammenhängenden ökologischen Anforderungen Rechnung getragen wird. Laut dieses Abkommens wird die Wasserqualität der Donau auf Grund eines harmonisierten Programms, unter Anwendung einer abgestimmten Methodologie untersucht [3].

2. Wassergüteverhältnisse der Grenzgewässer Ungarns

Die Wassergüteverhältnisse der wichtigsten Grenzgewässer Ungarns sollen zunächst statisch (für ein festgehaltenes Jahr) und sodann dynamisch (für eine längere Periode) gekennzeichnet werden.

Der "Schnappschuß" der Wassergüteverhältnisse basiert auf den im Jahr 1990 gesammelten Daten des ungarischen Stammbeobachtungsnetzes. Die überwiegende Mehrzahl der Querschnitte wurde wöchentlich beprobt. Die in Tabelle 2 angegebenen Daten sind 90%ige Dauerzahlen, die in Ungarn als maßgebend betrachtet werden. Die gegenwärtig gültige ungarische Norm unterscheidet drei Klassen der Wassergüte. In der Tabelle wurden die in die Güteklassen II bzw. III fallenden Werte einfach bzw. doppelt unterstrichen.

Tabelle 2

Kennzahlen der Wassergüte für einige grenzüberschreitende Gewässer Ungarns

(90%ige Dauerzahlen für das Jahr 1990)

von/nach Staat	Gewässer	MQ m^3/s	BSB_5 mg/l	NH_4^+ mg/l	PO_4^{3-} mg/l	CI	Vorfluter in Ungarn
von A	Raab (1)	24.0	7.3	1.52	0.22	49.5	Donau
	Gyöngyös-Sorok (2)	3.8	5.5	0.30	0.17	71.0	Donau
	Ikva (3)	1.0	8.9	7.82	10.64	12.4	Donau
	Leitha (4)	8.0	5.1	0.63	0.67	52.1	Donau
von CS	Donau (5)	2025	4.4	0.48	0.62	56.8	-
	Ipoly (6)	12.7	7.2	4.16	2.33	27.6	Donau
	Sajó (7)	20.4	14.7	1.00	0.76	27.8	Theiß
	Bódva (8)	7.4	5.8	0.42	0.49	54.6	Theiß
	Hernád (9)	29.9	9.0	5.06	1.46	23.9	Theiß
	Bodrog (10)	115	6.2	0.56	0.44	47.8	Theiß
von GUS	Theiß (11)	190	2.2	0.61	0.22	73.9	-
von RO	Szamos (12)	130	9.9	3.08	0.41	33.9	Theiß
	Kraszna (13)	5.0	16.6	18.21	3.87	5.1	Theiß
	Túr (14)	3.5	2.9	1.25	0.24	65.3	Theiß
	Berettyó (15)	7.8	6.8	3.46	0.30	39.4	Theiß
	Sebes-Körös (16)	25.2	5.4	3.42	1.36	33.7	Theiß
	Fekete-Körös (17)	42.0	4.3	1.42	0.74	48.5	Theiß
	Fehér-Körös (18)	26.0	2.6	0.76	0.24	65.2	Theiß
	Maros (19)	160	18.8	3.19	0.17	22.6	Theiß
von YU	Mura (20)	609	5.6	0.60	0.38	60.1	Drau
	Drau (21)	190	4.4	0.41	0.46	61.4	-
nach YU	Donau (22)	2400	4.9	0.67	0.48	53.5	-
	Drau (23)	202	5.2	0.55	0.46	55.4	-
	Theiß (24)	815	6.8	1.30	0.17	43.9	-

Der in der letzten Spalte der Tabelle angegebene Wert CI ist der nach Bach [4] errechnete chemischer Index, dessen Wert zwischen O und 100 variiert, wobei O die schlechteste und 100 die beste Wasserqualität bezeichnet. Der Index CI wird unter Berücksichtigung von acht Wasserqualit tskomponenten (O_2-S ttigungs-%, BSB_5, Wassertemperatur, Ammonium-, Nitrat- und Orthophosphat-Ion, pH Leitfähigkeit) sowie der für diese Komponenten mitgeteilten (in den Wertebereich zwischen O und 100 fallenden) Transformationsfunktionen q_i und den (zwischen O und 1 fallenden) Gewichtszahlen w_i, über die folgenden Formeln berechnet:

$$\prod_{i=1}^{n} q_i^{w_i} \qquad (1)$$

beziehungsweise

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \qquad (2)$$

Hier sei bemerkt, daß auch bei der Berechnung der CI-Werte die 90%-ige (im Fall der O_2-Sättigung: 10%-ige) Dauerzahlen der während 1990 gemessenen Zeitreihen Herangezogen wurden.

Tabelle 2 zeigt deutlich, daß in Ungarn die Schwersten Wassergüteprobleme - von den Gewässern Ikva und Ipoly abgesehen - bei den Nebengewässern des Theiß-Systems verzeichnet wurden.Zugleich ist das qualitätsmäßig günstigste Gewässer in seinem Eintrittsquerschnitt, die Theiß (mit CI = 73.9) und das ungünstigste die Kraszna (CI = 5.1).

Auf Grund eines Vergleiches zwischen den für die Ein- und Austrittsquerschnitte der drei wichtigsten Flüsse Ungarns (der Donau, der Drau und der Theiß) für das Jahr 1990 ermittelten Werten 90%iger Dauer kann festgestellt werden, daß während entlang der ungarischen Strecke der Donau und der Drau keine wesentliche Verschlechterung der Wasserqualität verzeichnet wurde (wobei im Hinblick auf einige Komponenten sich sogar eine gewisse Verbesserung meldet), muß im Falle der Theiß, mit Ausnahme des Orthophosphat-Ions, bezüglich sämtlicher Komponenten eine signifikante Verschlechterung zwischen ihrem Ein- und Austrittsquerschnitt registriert werden [5]. Der Wert der Kennzahl CI fällt z.B. von 73.9 auf 43.9 herab.

Der Überblickbarkeit zuliebe werden einige Angaben aus Tabelle 1 (Gewässer, Probenahmestelle, CI) Auch in Bild 1 veranschaulicht. Die im Bild mittels Unterstreichung hervorgehobenen unter 40 liegenden CI-Werte lenken die Aufmerksamkeit auf jene Gewässer, wo - im Hinblick auf die bei der Ermittlung von CI berücksichtigten Komponenten - bedeutende Probleme der Wasserbeschaffenheit verzeichnet wurden.

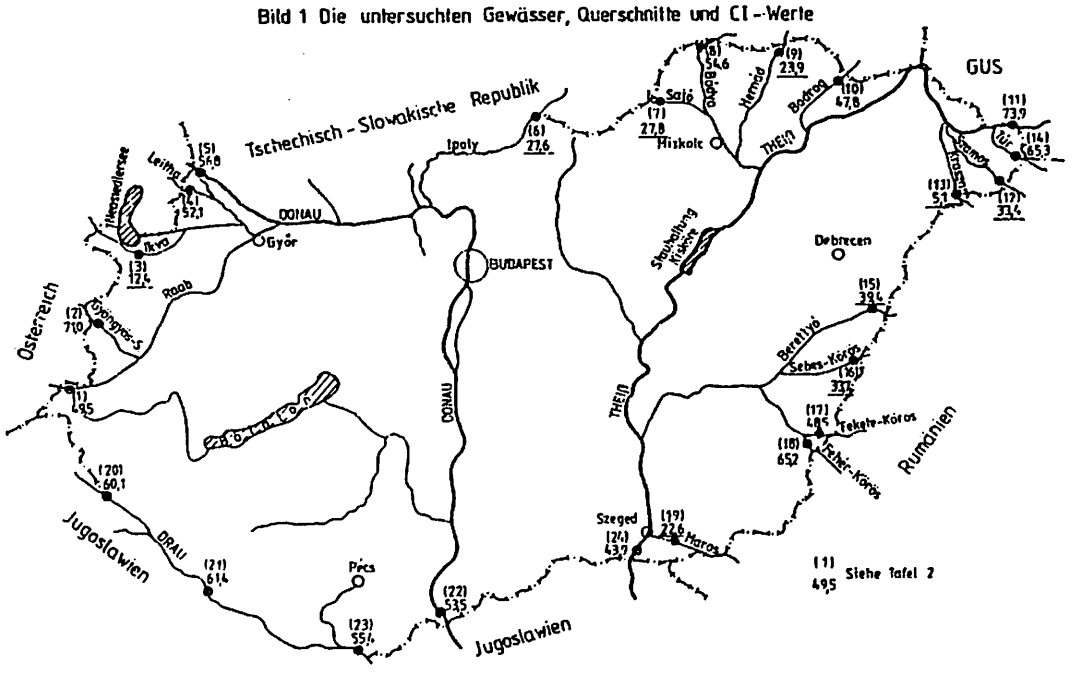
Der zeitliche Gang der Wasserqualität wird für die Ein- und Austrittsquerschnitte der Donau,der Drau und der Theiß in Tabelle 3 auf Grund der durchschnittlichen Meßwerte der Perioden 1971--1975 und 1986-1990, unter Berücksichtigung von je acht Wassergütekomponenten charakterisiert [6].Der in der letzten Zeile der Tabelle stehende Pantle-Buck'sche Index ist ein ähnlicher gewichteter, integrierter Parameter der hydrobiologischen Wasserqualität, wie z.B. der die klassischen chemischen Parameter zusammenfassende CI-Wert.

Tabelle 3

Veränderung der Wasserqualität entlang der ungarischen Flußstrecken
(Durchschnittswerte)

Komponente	Maß-einheit	Periode	Donau Ein tritt	Donau Aus-tritt	Drau Ein tritt	Drau Aus-tritt	Theiß Ein tritt	Theiß Aus-tritt
pH	-	1971/75	7.7	8.1	7.9	7.9	7.6	7.6
		1986/90	8.0	8.2	8.0	8.1	7.5	7.8
Leitfähigkeit	µS/cm	1971/75	359	404	292	333	262	461
		1986/90	378	420	333	340	271	516
O_2-Sättigungs-grad	%	1971/75	85	97	84	81	96	84
		1986/90	90	96	88	88	104	77
BOI_5	mg/l	1971/75	4.2	4.6	5.0	4.6	1.8	3.9
		1986/90	3.9	3.7	3.7	3.8	2.3	4.2
NH_4^+	mg/l	1971/75	0.61	0.61	0.42	0.41	0.43	0.58
		1986/90	0.37	0.39	0.29	0.27	0.48	0.94
NO_3^-	mg/l	1971/75	6.4	9.9	3.4	3.6	2.7	5.7
		1986/90	9.9	11.2	5.5	5.6	4.6	12.0
PO_4^{3-}	mg/l	1971/75	0.61	0.40	0.11	0.16	0.14	0.12
		1986/90	0.44	0.47	0.28	0.28	0.10	0.12
Pantle-Buck'scher Index	-	1971/75	2.50	2.47	2.69	2.69	1.87	2.30
		1986/90	2.53	2.46	2.40	2.41	1.88	2.61

Bild 1 Die untersuchten Gewässer, Querschnitte und Cl⁻-Werte



Für die somit gekennzeichnete 20jährigen Periode können aus der Tabelle folgende Schlüsse gezogen werden:

- von den Komponenten weisen besonders das Nitrat-Ion, die Leitfähigkeit und der pH-Wert auf eine bedeutende zeitliche Verschlechterung hin;
- von den untersuchten sechse Querschnitten hat sich die Wasserqualität am meisten im Austrittsquerschnitt der Theiß ungünstig verändert.

In Ermangelung einer entsprechenden Instrumentierung stehen leider nur recht sporadische Daten über die - eine immer wichtigere Rolle spielenden - Mikroverschmutzer zur Verfügung, so daß sie auch hier nicht bewertet werden können.

Literaturverzeichnis

[1] Egerszegi, Gy.: Ungarns Beteiligung an internationalen Zusammenarbeiten für den Wassergüteschutz (ungarisch). Ung. Akademie der Wissenschaften, Programmbüro für Staatswissenschaftlichen Forschungen. Budapest, 1990.

[2] Simonfai, Gy.: Vorlage über die Konzeption der Zusammenarbeit für Wassergüteschutz an den Grenzgewässern sowie in regionalem und globalem Maßstab. Ung. Ministerium für Umweltschutz und Siedlungsentwicklung (KTM). Manuskript. Budapest, 1990.

[3] Antoniu, R.: Zusammenarbeit der Donauländer auf dem Gebiet der Gewässergüte im Rahmen der Bukarester Deklaration. XVI. Konferenz der Donauländer. Kelheim, 1992.

[4] Bach, E.: Ein chemischer Index zur Überwachung der Wasserqualität von Fließgewässern. DGM 24, 4/5. 1980.

[5] Hock,B.-Somlyódy, L.: Water Quality in Hungarian Rivers. Rivers Basin Management-V. Rovaniemi, Pergamon Press. 1989.

[6] Somlyódy,L.-Hock.B.: State of the Water Environment in Hungary, European Water Pollution Control. 1.1. 1991.

Anschrift der Verfassers:

Dr.-Ing. Béla Hock, CSc.
Forschungszentrum für Wasserwirtschaft (VITUKI),
H-1453 Budapest, Pf.27.

8.11

ANALYSE VON HYDROCHEMISCHEN PARAMETERN DER OBERFLÄCHEN- UND GRUNDGEWÄSSERN IM BULGARISCHEN SEKTOR DER DONAU

Marta Matschkova, Konstantin Tzankov, Dobri Dimitrov, Borislav Velikov

Kurzfassung: Die vorliegende Arbeit stellt eine ökologische und hydrochemische Untersuchung dar, in der die wasserchemischen Angaben, gesammelt für die Donau, ihre Nebenflüsse und die Grundgewässer im bulgarischen Sektor des Donaueinzugsgebietes von dem Nationalinstitut für Meteorologie und Hydrologie - Sofia während einer 11-jährigen Periode (1980-1990), mit der Hilfe von mathematisch-statistischen Methoden verarbeitet und interpretiert worden sind. Die räumliche Inhomogenität der grundliegenden Parameter, die Zeitänderungen und existierenden Tendenzen, die Abhängigkeiten der Parameter von dem Donau-Abfluss, die Wechselwirkung Oberflächen- (Donau-) - Grundgewässer und den anthropogenen Einfluß in der Bildung der chemischen Zusammensetzung der Gewässer wurden studiert.

АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД В БОЛГАРСКОМ УЧАСТКЕ ДУНАЯ

Резюме: Данная работа имеет экологическую и гидрохимическую направленостъ. С помощъю математико - статистических методов обработаны и интерпретированны гидрохимические данные за период 1980 - 1990, полученные в Националъном Институте Метеорологии и Гидрологии - София. Информация охватывает поверхностные и подземные воды в болгарском участке водосбора реки Дунай. Изучены по отношению основных параметров пространственная негомогенностъ, временная изменчивостъ и существование тенденций, зависимости параметров от стока реки Дунай, взаимосвязъ поверхностные (Дунай) - подземные воды и ролъ антропогенного фактора в формировании гидрохимического состава вод.

ANALYSIS OF HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF SURFACE AND GROUNDWATERS IN THE BULGARIAN REGION OF THE DANUBE

The present paper represents an ecological and hydrochemical study. With the aid of mathematic-statistical methods, hydrochemical data for the Danube, its tributaries and groundwaters in the Bulgarian part of the Danube catchment area, were processed and interpreted. The information has been gathered for the period 1980 - 1990 by the National Institute of Meteorology and Hydrology - Sofia. In respect with the main parameters the space inhomogeneity, the time variability and the existing tendencies, the parameter dependences on the Danube discharge, the interaction surface- (Danube-) - groundwaters as well as the role of the anthropogenic factor in the formation of hydrochemical water composition were studied.

1. Einführung

In den letzten Jahren gewinnen die ökologischen und hydrochemischen Untersuchungen von dem Fluß Donau und den mit ihm verbundenen Gewässern an Bedeutung. Die vorliegende Arbeit stellt eine solche Untersuchung dar, in der die wasserchemischen Angaben, gesammelt für die Donau, ihre Nebenflüsse und die Grundgewässer im bulgarischen Sektor (Bild 1), während einer

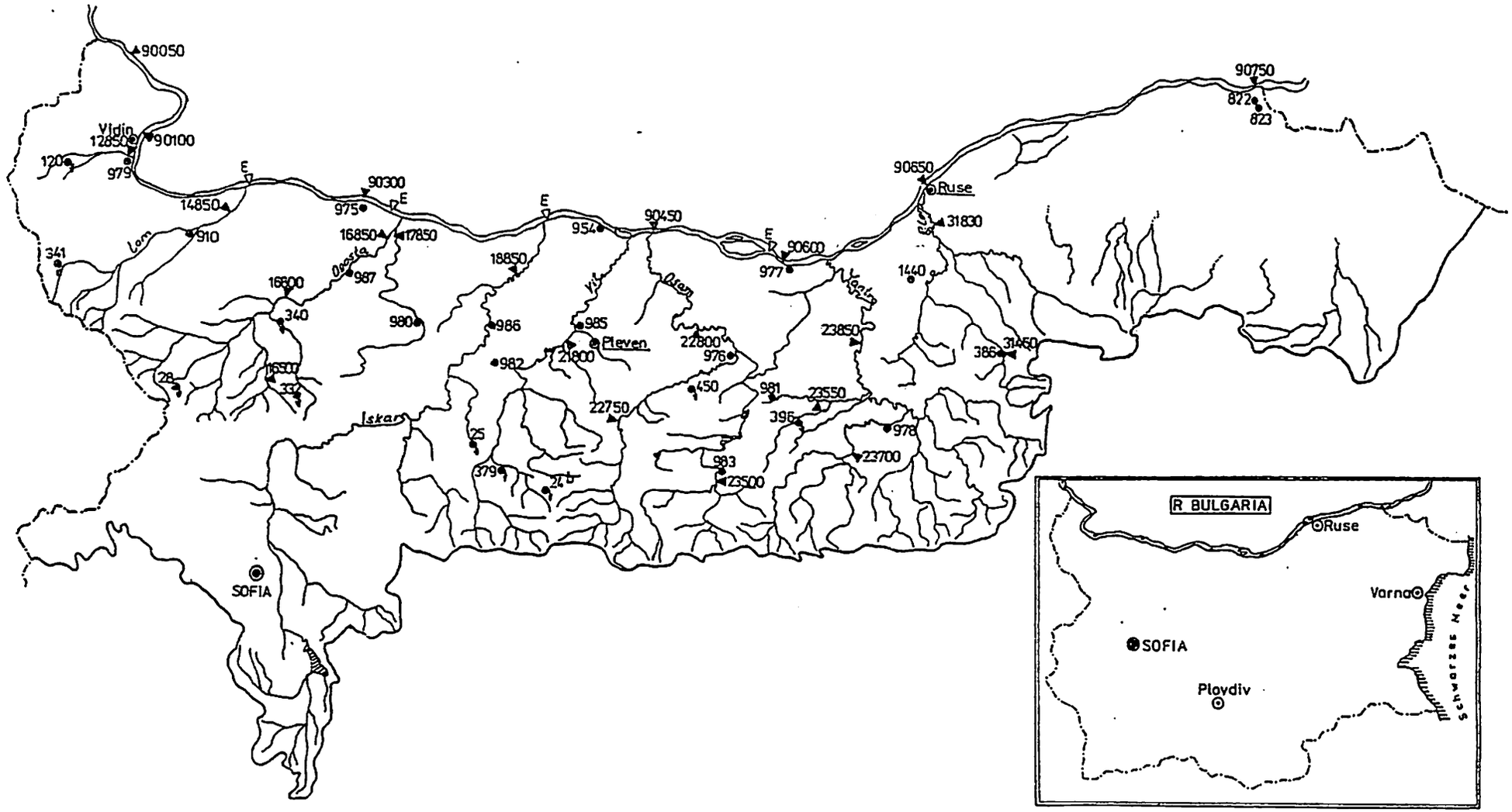


Bild 1. Karte des untersuchten Gebietes mit den Probenahmestellen

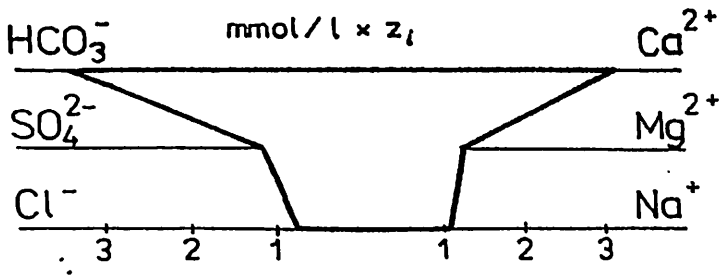


Bild 2. Hydrochemische Zusammensetzung des Donauwassers (z_i = Wertigkeit des entsprechenden Ions)

11-jährigen Periode (1980-1990) in dem Nationalinstitut für Meteorologie und Hydrologie (1,3), mit der Hilfe von mathematisch-statistischen Methoden (4) verarbeitet worden sind. Das Ziel der Autoren war, die räumliche Inhomogenität der grundliegenden Parameter zu erläutern, Schlußfolgerungen über die Zeitänderungen und Tendenzen (besonders für die Punkte mit längeren Angabereihen) zu machen, sowie einen Versuch zur Erklärung der Änderungen und der Prozesse der Bildung der Wasserzusammensetzung einschließlich mit Anwendung der Clusteranalyse (2) zu realisieren.

In Bulgarien charakterisiert sich die Periode 1980-1990 mit Niederschlägen um und unter der Norm (500-600 mm jährlich). Der Donau-Abfluß für dieselbe Zeitspanne war 5700 m^3/s.

2. Ergebnisse und Diskussion

Das Donau-Wasser charakterisiert sich mit einem hydrochemischen Typ, geprägt von dem höchsten Relativgehalt an Hydrogenkarbonat- und Calciumionen (Bild 2) und hat eine verhältnissmässig ständige in dem Raum und in der Zeit Zusammensetzung, aber die statistische Analyse erlaubt einige Tendenzen zu finden. So ist auf Bild 3 die Änderung der mehrjährigen Mittelwerte von einigen grundliegenden hydrochemischen Parametern in Abhängigkeit von der Entfernung von dem Dorf Novo Selo bis zu dem Ende des bulgarischen Sektors der Donau in der Nähe von der Stadt Silistra gezeigt. Es läßt sich ersehen, daß mit der Entfernung die Mineralisation, sowie die Konzentrationen der meisten gelösten und ungelösten Ingredienzen abnehmen. Für die HCO_3^--Ionen ist die Abnahme von etwa 5 mg/l nur für den Bezirk Rousse-Silistra zu beobachten, wahrscheinlich verbunden mit den Einfluß des rumänischen Flußes Arges. Keine Änderung oder gar eine schwach geprägte ansteigende Tendenz analog zu der des Cl^--Ions weisen auch pH, NO_3^-, NH_4^+, Fe_{tot} und Mg^{2+} auf.

Die Tendenz zur Abnahme des Gehaltes an den wichtigsten gelösten und ungelösten Stoffe in Abhängigkeit von der Zeit ist auch sehr gut feststellbar. (Die Trendanalyse ist auf den Analysenwerten für die Punkte Novo Selo, Rousse - Bild 4 und Silistra durchgeführt worden.) Hier stellen Ausnahmen die ansteigenden Tendenzen für die Konzentrationen von NO_3^- für Novo Selo (was über eine anthropogene Verunreinigung der Donau noch vor dem bulgarischen Sektor spricht), für die ungelösten (suspendierten) Stoffe (für Rousse und Silistra) und für die Sulfatkonzentrationen (für Rousse, aber nicht für Silistra) dar. Die ansteigende Tendenz bei Sulfaten ist auch für die bulgarischen Nebenflüsse zu nennen, was vielleicht der Tendenz in der Donau entspricht und ist wahrscheinlich auf eine Transgrenzluftverunreinigung zurückzuführen.

Für den Punkt Novo Selo wurden auch die Regression- (Korrelation-) Abhängigkeiten der grundliegenden hydrochemischen Charakteristiken des Donau-Wassers von dem Abfluß (der Wassermenge) des Flusses berechnet. Es wäre logisch zu erwarten, daß die Konzentrationen der gelösten Stoffe mit der Abflußsteigerung abnehmen werden, was mit dem Charakter des Wasserspeisens hauptsächlich durch Niederschläge und Schneeschmelzen und mit der verminderten Möglichkeit für Wasser -feste Phase - Wechselwirkungen verbunden ist. Das kommt tatsächlich in Frage für die meisten Parameter und z.B. für die Abhängigkeit Cl/Q (Q - Abfluß) ist der Korrelations-koeffizient -0,30, für M/Q- -0,28, HCO_3/Q- -0,23, Ca, Mg, Na / Q ca. je -0,14, Suspendierte Stoffe(Sm)/Q- -0,10, pH, NH_4^+/Q = 0. Nur für zwei der Parameter - für die NO_3 und Fe - Konzentrationen sind die Korrelations-koeffizienten +0,54, bzw. +0,32 (Bild 5), was die anthropogene Ursache für diese Anomalie aufweist, z.B. infolge aerosol- und/oder agrochemischer Verunreinigung.

Die Untersuchung der Ziklen in den Konzentrationschwankungen wurde mit der Hilfe der Spektralanalyse durchgeführt. Die Reihen der Makrokomponenten mit den größten Variationskoeffizienten (Nitraten, Sulfaten, Chloriden) für die Donau (Novo Selo), für die wichtigsten Nebenflüsse und für representative Grundwasserpunkte in den alluvialen Terrassen der Donau wurden verarbeitet (Bild 6). Die Cl- und SO_4-Ionen besitzen ähnliche Spektren mit signifikanten Höchstwerten in den niedriegen und den mittleren Frequenzen mit Perioden von ein Jahr und mehr, und auch Perioden von 8 und 4 Monaten. Die Nitratspektren haben ausgeprägtes Jahresmaximum und hohe Dispersionen in den niedriegen Frequenzen, was mit den agrochemischen Saisontätigkeiten (Düngung) zu erklären ist.

Auf Tabelle 1 sind die mehrjährigen Mittelwerte der hydrochemischen Parameter zusammengestellt, in derem 10-dimensionalen Raum die Objekte in fünf Clusters gruppiert worden sind. Es ist zu erwähnen, daß wasser-chemische Angaben auch in diesem Fall nicht nur für die Donau, sondern auch für Nebenflüsse und für Grundgewässer in dem bulgarischen Sektor des Donaueinzugsgebiets benützt worden sind. Besser definiert sind Clusters 1. und 2., wo 2 beziehungsweise 1 Objekt (Probe) klassifiziert sind, d.h. das sind Proben, die sich in weitester Entfernung von dem Zentrum "des Wolkens" von insgesamt 52 Objekten befinden. Die zwei Proben in Cluster 1. sind aus Bohrungen am Rande der Stadt Silistra, 2 km von der Donau (NN 822, 823) entfernt. Das Wasser dort ist anthropogen verunreinigt und charakterisiert sich mit Höchstmineralisation und maximalen Werten der SO_4, NO_3, Ca, Mg - Konzentrationen. Die Probe im Cluster 2. ist aus einem Brunnen im Dorf Dabovan (N 954) entnommen, dessen Wasserspiegel oft nur 1 m von dem Terrain

Tabelle 1 Mehrjährige Mittelswerte der grundliegenden hydrochemischen Parameter für die verschiedenen Clusters

Cluster nummer	Zahl der Proben	pH	HCO_3 mg/l	SO_4 mg/l	Cl mg/l	NO_3 mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	Fe mg/l	M mg/l
1	2	7.09	573.2	157.3	169.3	517.5	203.1	137.8	103.6	0.21	1851.3
2	1	7.32	453.4	55.6	383.7	6.3	85.7	54.5	238.3	0.23	1227.7
3	28	6.87	227.4	46.7	23.6	7.9	64.9	13.4	26.8	0.37	422.5
4	6	6.99	636.5	64.7	41.0	43.6	67.8	85.7	75.7	0.16	1017.2
5	15	7.02	403.3	60.2	38.7	15.8	82.5	35.9	49.1	0.44	687.7

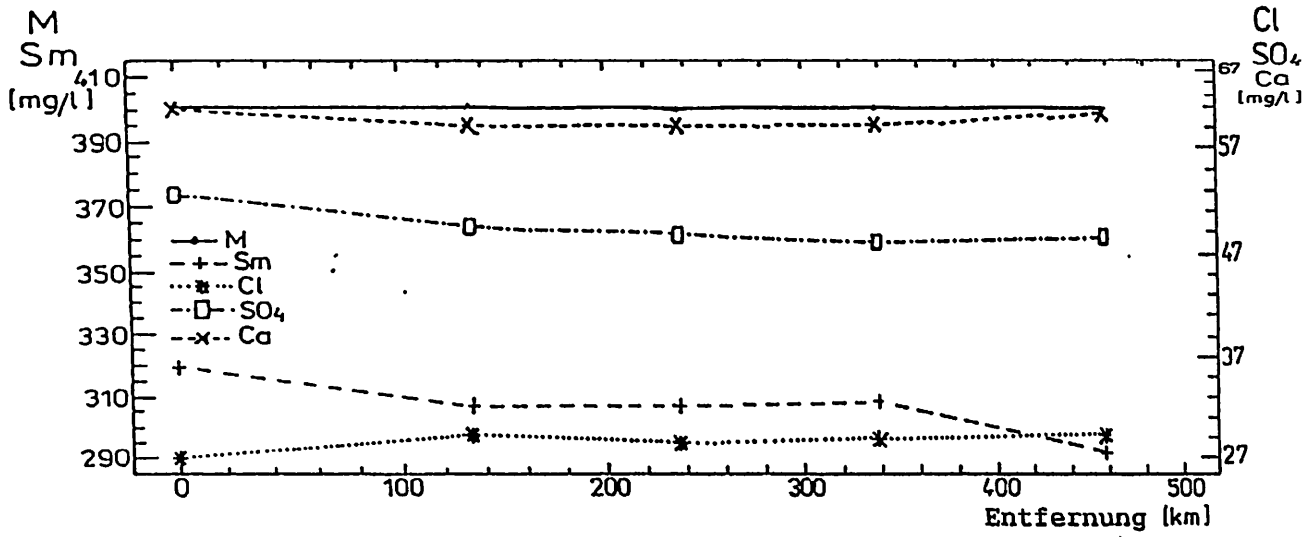


Bild 3. Abhängigkeit der mehrjährigen Mittelswerte einiger hydrochemischer Parameter von der Entfernung

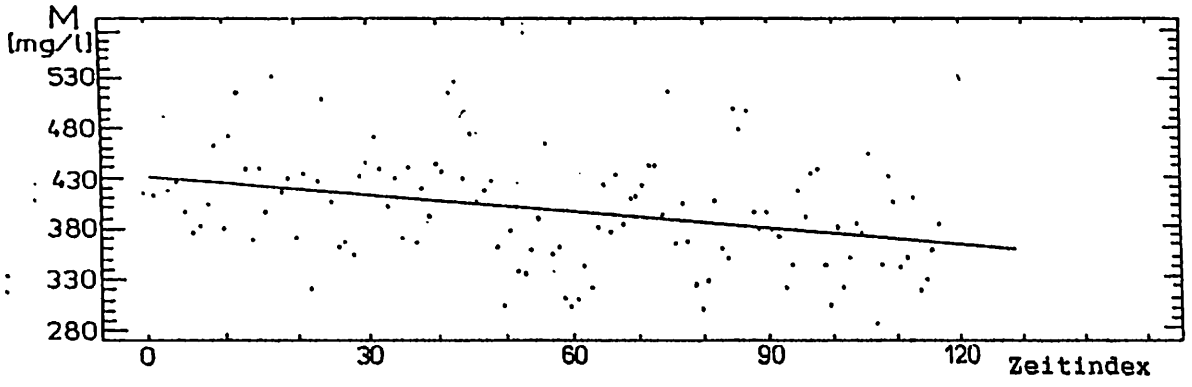


Bild 4. Trendanalyse für die Wassermineralisation (Probenahmestelle - Rousse)

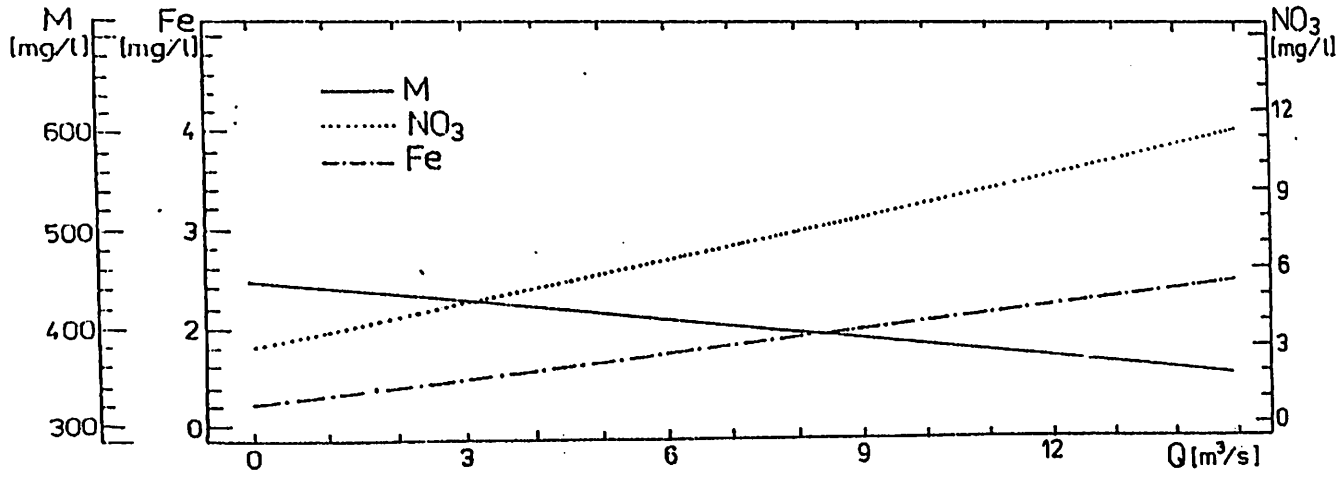


Bild 5. Abhängigkeit der mehrjährigen Mittelswerte einiger hydrochemischer Parameter von der Donauwassermenge

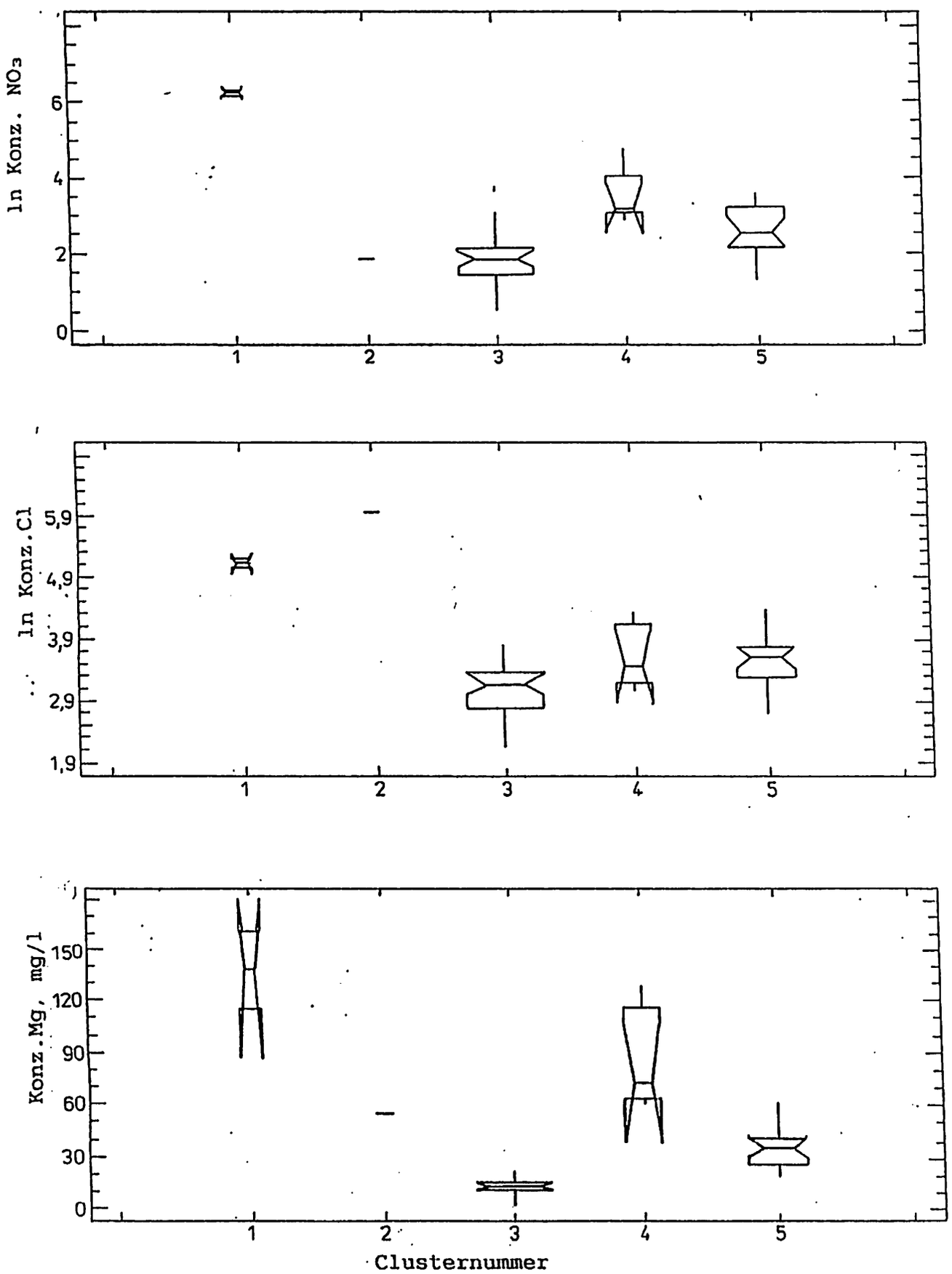


Bild 7. "Notched-Box-and-Whisker" Diagramme von einigen Parametern für die verschiedenen Clusters

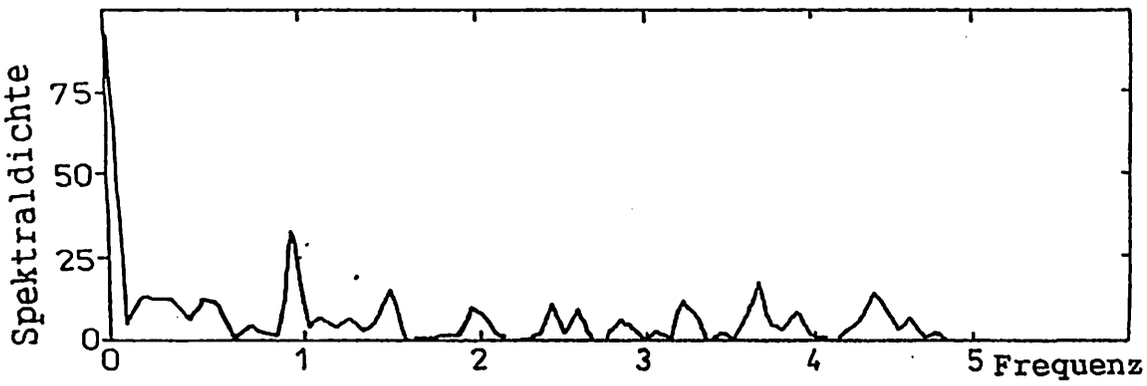


Bild 6. Spektralanalyse für die NO_3-Konzentrationen

ist und infolge intensiever Bewässerung des Feldes und Verdunstung das Wasser Höchstwerte an Na, Cl, pH und minimale an HCO_3 hat. Die Donauproben gelangen in Cluster 3. und sind fast ausschliesslich mit Minimalwerten für alle wasserchemischen Parameter zu charakterisieren. In diesem Cluster sind auch die flußähnlichen nach ihren Beschaffenheiten und Genese Gewässer von den Wasserwerke in den Terassen der Donau und der Nebenflüssen gruppiert. In Cluster 4. sind 6 Proben klassifiziert, die aus den teilweise verunreinigten alluvialen Aquifers stammen und in Cluster 5. befinden sich Wasserproben vorwiegend aus Donaunebenflußen und einige Grundwasserproben, deren wasserchemischen Charakteristiken nahe den Mittelwerten für alle Clusters insgesamt (mit Ausnahme von der Hochstmitteleisenkonzentration) stehen.

3. Schlußfolgerungen und Ausblick

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, daß die Nebenflüsse und das Grundwasser in dem bulgarischen Sektor des Donaueinzugsgebiets keinen bedeutenden (incl. negativen) Einfluß auf die Bildung der chemischen Zusammensetzung des Donauwassers ausüben. Es käme eher einen ungünstigen Einfluß in Umkehrrichtung in Frage, d.h. auf die Beschaffenheiten des Grundwassers, das mit der Donau in hydrodynamischer Verbindung (besonders bei Donauhochwasser) steht. Die weitere Entwicklung der mathematisch-statistischen Methodologie zur Untersuchung und Beurteilung der Qualität des Donauwassers, die Erweiterung der Zahl der beobachtenden hydrochemischen Parameter (z.B. Mikrokomponenten, organische Stoffe) und die weitere Aufklärung der Wechselwirkung "Oberflächen-(Donau-) und Grundwasser" sind die wichtigsten Aufgaben, die sich die Autoren für die künftige Arbeit stellen.

Literatur

1. Archiv des Nationalinstituts für Meteorologie und Hydrologie(NIMH), Sofia, 1988-1990.
2. Dimitrov D., M. Matschkova, B. Velikov. Hydrochemical classification of groudwaters in Northeast Bulgaria, Geologica Balcanica (in press).
3. Hydrologische Jahrbücher des NIMH, Sofia, 1980-1987.
4. Vandev D. et al. TSTAT-16. Software products and systems, Sofia, 1989.

Anschrift der Autoren

Marta Matschkova, Konstantin Tzankov, Dobri Dimitrov
Nationalinstitut für Meteorologie und Hydrologie, BG - 1184 Sofia
Borislav Velikov Universität für Bergbau und Geologie, BG - 1156 Sofia

8.12

ЗАГРЯЗНЕНИЕ р.ДУНАЙ В ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ БОЛГАРСКОГО УЧАСТКА

Константин Цанков, Поль Н.Л.Бюижз

Настоящая разработка охватывает результаты совместного болгаро-голландского эксперимента по протяжению р.Дунай в болгарском участке, проведенного в 1990 и 1991 гг. Было включено 45 показателей загрязнения вод и одновременно основные гидрологические параметры реки (скорость, расход воды, поперечный и продольный профили дна и др). Полученные результаты представляют особый интерес для: сооружения существующей системы мониторинга, изучения распределения загрязнения с учетом влияния болгарских и румынских притоков и директно впадающих сточных вод, составления методики для определения нагрузки в результате поступлений в Черное море через р.Дунай, и правильного определения наших будущих исследований, связанных с р.Дунай.

VERSCHMUTZUNG DER DONAU IM LÄNGSPROFIL DES BULGARISCHEN ABSCHNITTS

Konstantin Zankov, P.H.L. Buijs

Gegenwärtige Arbeit umfasst die Ergebnisse des gemeinsamen bulgarisch-holländischen Experiments an der Donau im bulgarischen Abschnitt, durchgeführt in den Jahren 1990 und 1991. Eingeschlossen sind 45 Merkmale der Wasserverschmutzung und gleichzeitig die hydrologischen Grundparameter des Flusses (geschwindigkeit, Abflusswassermenge, quer- und Längsprofil des Bodens u.a.). Die erhaltenen Ergebnisse sind vom besonderen Interesse für Anlage des bestehenden Monitoringsystems, für die Forschung der Verschmutzungverteilung mit Rücksicht des Einflusses der bulgarischen und rumänischen Nebenflüsse und der direkt mündenden Abflussgewässer, fr die Anfertigung einer Methodik zur Bestimmung der Belastung auf Grund der Einkünfte im Schwarzen Meer durch die Donau und für die richtige Bestimmung unserer künftigen Forschungen im Zusammenhang mit der Donau.

POLLUTION OF THE RIVER DANUBE IN THE LONGITUDINAL PROFILE OF THE BULGARIAN STRETCH

Konstantin Tsankov, P.H.L. Buijs

The present elaboration covers the results of the joint Bulgarian-Dutch experiment carried out along the Bulgarian length of the Danube during 1990 and 1991. 45 water pollution indicators and simultaneously the main hydrological parameters of the river (velocity, discharge, cross-section and longitudinal profile of the bottom etc.) are included. The obtained results are of great interest for: equipping the existing monitoring system, studying the pollution distribution with regard to Bulgarian and Romanian inflows and directly flowing waste water, creating methods for assessment of the loading as a result of revenues into the Black Sea through the Danube, and for right determination of our future investigations connected with the river Danube.

Настоящая разработка охватывает результаты реализованной совместной болгаро-голландской программы за период 1990 - 1991 г. по исследованию загрязнения вод р.Дунай в болгарском участке. Основными исполнителями были: Международный центр по исследованию вод /JCWS/ - г.Амстердам, Национальный институт метеорологии и гидрологии - г.София и Институт экологии - г.София. Осуществлен был успешный опыт сочетания высокого технического уровня измерений, предлагаемых голландскими специалистами, и долголетнего опыта болгарской стороны в изучении качества вод р.Дунай.

Цель проводимого эксперимента состояла в: определении продольного и поперечного распределения загрязнения дунайских вод, изучении активности процессов самоочистки и разбавления в период весеннего половодья ($Q > 6500\ m^3/s$), накоплении информации об улучшении деятельности существующей системы мониторинга и генерирования новых идей будущей международной научно-исследовательской деятельности по р.Дунай.

Исследования были проведены на двух судах, на которых были расположены химические лаборатории и измерительная система, разработанная JCWS при реализации "Rhine Research Project" (1). Эта аппаратура дала возможность получать непрерывно в реальном времени информацию о следующих показателях: электропроводность (Cond), активная реакция (pH), температура (T), растворенный кислород (O_2), глубина реки (H), скорость течения (V), расстояние от берега при проведении поперечных профилей (B). Посредством насоса из различных водных горизонтов пробы брались по остальным показателям загрязнения, включительно и из мест глубоководного впадения сточных вод. Экспрессность полученной информации с визуальным наблюдением на дисплее открыла возможность дифференциального подхода для каждого отдельного участка р.Дунай.

В 1990 году был исследован участок реки длиной 119 км. от г.Русе (км.499) до г.Силистры (км.481) с тремя поперечными профилями, а в 1991 году - весь болгарский участок с общей длиной 458,5 км. и с 20 поперечными профилями. Эти поперечные измерения были предопределены большим числом болгарских и румынских притоков и непосредственным впадением сточных вод, а также и необходимостью в более полной информации о болгарских граничных створах - Ново село (км.383,5) и Силистра (км.375).

Трассерами использовались автоматически измеренные показатели: электропроводность (Cond), pH и растворенный кислород (O_2). Они не в состоянии дать прямую информацию о качественном составе дунайских вод, но в имплицитной форме по ним можно судить о размере определенных видов загрязнений, развитии активности процессов смешивания, о турбулентности, гомогенности потока и т.д. Учитывая все это, было принято, что показатель электропроводности (Cond) с достаточной точностью отражает минеральное содержание в дунайских водах. Из взятых проб химическим путем были определены все компоненты минерализации (HCO_3, SO_4, Cl, NO_3, NO_2, NH_4, PO_4, Mn, Ca, Mg, Na, K, Fe, Σ и).

По показателю электропроводности (Cond), в зависимости от расположения, стока и минерального содержания впадающих притоков и сточных вод, очерчивается три основных типа поперечных профилей:

1. Равномерное гомогенное распределение по всей ширине реки (без 20-метровой полосы у берегов) (рис.1"а","в").

Этот тип поперечного профиля загрязнения наблюдается в

начале болгарского участка – км.833,5 (рис.1"а"). Это состояние продолжается до км.691, т.е. 142,5 км., несмотря на впадающие фекально-бытовые и промышленные сточные воды с обоих берегов. В этом участке показатель электропроводности (Cond) колеблется в границах от 390 до 400 μs/cm . Аналогичное распределение наблюдается между км.489 и км.433 – 56 км. и в конце болгарского участка между км.403 и км.375 – 28 км.(рис.1"в"). Измеренные величины здесь на 4,5 % выше (Cond= 400 – 410 μs/cm).

2. Неравномерное распределение после впадения стока с более минеральным содержанием (рис.1"с" и "d").

Такой случай наблюдается после впадения р.Жиул (км.681), (Cond = 275 s/cm). Электропроводность (Cond) у румынского берега низкая: в 75 м. от берега Cond = 330 μs/cm , в 160 м. – 390 s/cm. Наблюдаемое на рис.1"с" известное завышение электропроводности (Cond)у болгарского берега объясняется впадением р.Огоста (Q = 20,5 m^3/s ; Cond= 604 μs/cm). На протяжении 66 км. можно проследить смешивание двух основных стоков (рис. 1 "d "), которое заканчивается на км.625. В конце этого участка (рис.1 "d") на км.625 наблюдается известное завышение у болгарского берега в результате впадения р.Искр (Q = 112m^3/s ; Cond = 455 μs/cm).

3. Неравномерное распределение после стока с более высоким минеральным содержанием (рис.1 "е", "f", "g", "h").

Такой случай наблюдался после впадения р.Олт – км.603 (Cond = 474 μs/cm).Показатель электропроводности повышается значительно у румынского берега, на расстоянии 75 м. от берега Cond = 470 μs/cm, на расстоянии 200 м. Cond = 470 μs/cm, после чего следует резкое спадение до Cond = 380 μs/cm. В продольном направлении влияние р.Олт у румынского берега наблюдается до км.500, т.е. на расстоянии 105 км. продолжается смешивание вод р.Олт с водами р.Дунай. В рассматриваемом участке известное повышение электропроводности (Cond) наблюдается у болгарского берега после впадения р.Янтра (км.532) (Q = 101 m^3/s, Cond = 504 μs/cm– рис. 1 "f", "g"). Длина участка с этим влиянием сравнительно мала – 16 км. Другим румынским притоком с более высоким минеральным содержанием является р.Аржеш (км.432) Cond = 505 μs/cm. Его влияние после впадения в р.Дунай слабое – на расстоянии около 16–18 км. (рис.1 "h").

Вторым рассматриваемым индикатором качества вод р.Дунай является показатель растворенного кислорода (O_2). Он обычно используется как показатель, оценивающий количество органического загрязнения. Особенность здесь состоит в том, что растворенный кислород может быть использован как трассер для распределения органического загрязнения только в поперечном направлении, так как эти профили осуществляются сравнительно быстро и температура воды в этом интервале не изменяется существенно.

В зависимости от расположения, расхода воды и размера органического загрязнения впадающих притоков и сточных вод, в болгарском участке очерчиваются четыре типа поперечных профилей:

1. Равномерное гомогенное распределение по всей ширине р.Дунай (без 20-метровой полосы по протяжению берегов (рис.2 "а", "в").

Этот способ распределения характерен для начального граничного участка р.Дунай в болгарском участке – км.833,5

(с.Ново село). Это состояние продолжается на протяжении 142,5 км. до км.691,причем содержание растворенного кислорода (O_2) изменяется в границах от 6,5mg/l до 7,5mg/l . Известные смущения наблюдаются по протяжению болгарского берега у км.785 под г.Видином в результате глубоководного впадения промышленных сточных вод. В этом пункте содержание O_2 = 6.0mg/l . Этот тип равномерного распределения кислородного содержания наблюдается и на участке км.552 (г.Свиштов) до км.532 - на протяжении 20 км. (рис. 1"в").

2. Неравномерное распределение после впадения притока с более низким содержанием кислорода (рис.2"c", "d").

Такой случай наблюдается после впадения р.Жуил (км.681). Количество растворенного кислорода изменяется следующим образом: в 75 м. от берега O_2 = 6,3 mg/l , в 150 м. от берега O_2= 6,7 mg/l , в 200 м. от берега O_2 = 7,3 mg/l . На противоположном болгарском береге также наблюдается понижение количества растворенного кислорода (O_2) в результате впадения р.Огоста. Аналогичное поперечное распределение кислорода (O_2) у км.430 после впадения р.Аржеш (рис.2"d").

3. Неравномерное распределение после впадения притока с более высоким содержанием кислорода (рис.2 "e").

Такой случай наблюдается после впадения р.Олт - км.603. Наблюдается весьма высокое содержание кислорода (O_2) у румынского берега : в 75 м. от берега O_2 = 9,3 mg/l , в 150 м. от берега O_2 = 9,3 mg/l , в 200 м. - O_2 = 9,3 mg/l, после чего следует резкое понижение до O_2 = 7,8 mg/l . Этот вид распределения до полного смешивания двух потоков наблюдается у км.549, т.е. на протяжении 9-10 км.

4. Неравномерное распределение с постепенным увеличением содержания кислорода от румынского к болгарскому берегу (рис.2 "f", "g", "h").

Этот случай наиболее распространен в болгарском участке р.Дунай и он охватывает следующие участки: от км.643 до км.602- на протяжении 41 км. (рис.2 "f"), от км.532 до км.429 - на протяжении 109 км. (рис.2 "g") и от км.418 до км.375 - на протяжении 43 км. (рис.2 "h"), или в сборе на протяжении 187 км.

Исключая прилегающую полосу в 20 м. у болгарского берега, этот феномен можно объяснить значительно большим количеством органического загрязнения, внесенного румынскими притоками и директно поступающими сточными водами.

Выводы

1. Проведенные исследования показали, что в болгарском участке р.Дунай существует неравномерное поперечное и продольное распределение загрязнения минеральными и органическими веществами.

2. Независимо от значительно большого стока р.Дунай, процессы смешивания являются продолжительными и охватывают участки длиной более 100 км. после впадения больших притоков.

3. Количество растворенного кислорода (O_2) в водах р.Дунай большее у болгарского берега. Этот показатель нельзя использовать в качестве репрезентативного индикатора.

4. Неравномерное поперечное распределение загрязнения показывает, что для вычисления нагрузки в граничных створах и доли р.Дунай в Черном море необходима полная и детальная информация.

Список литературы

/1/ The Rhine Research Project, JCWS R.89.02. Amsterdam, Holland, March 1989.

Адрес автора

Dr Konstantin N.Tsankov
National Institute of Meteorology and Hydrology
Bulgarian Academy of Sciences
blvd.Trakia 66
1184 Sofia
BULGARIA

Dr P.H.L. Buijs
International Centre of Water Studies
Damrak 83-1
1012 LN AMSTERDAM
NETHERLANDS

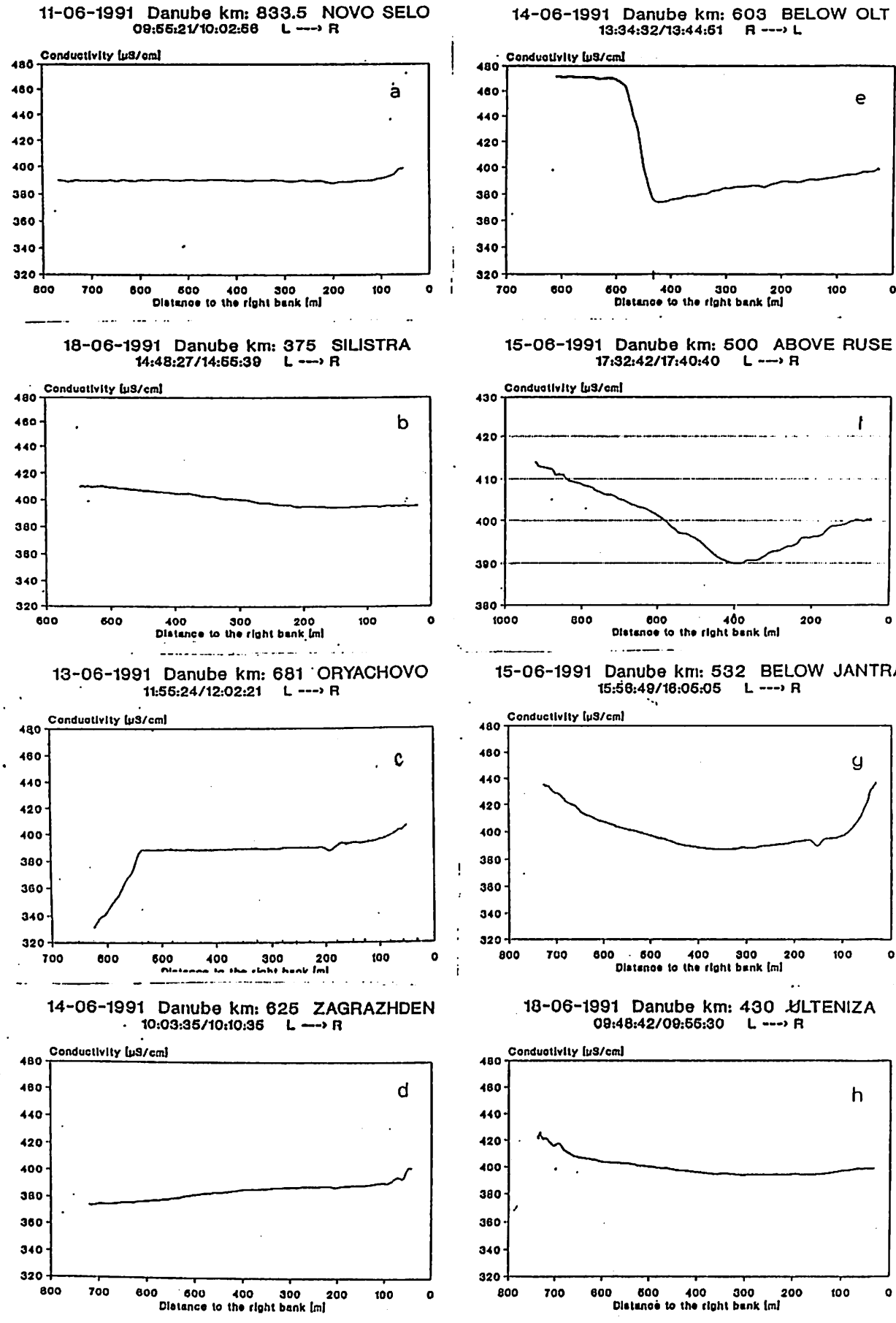
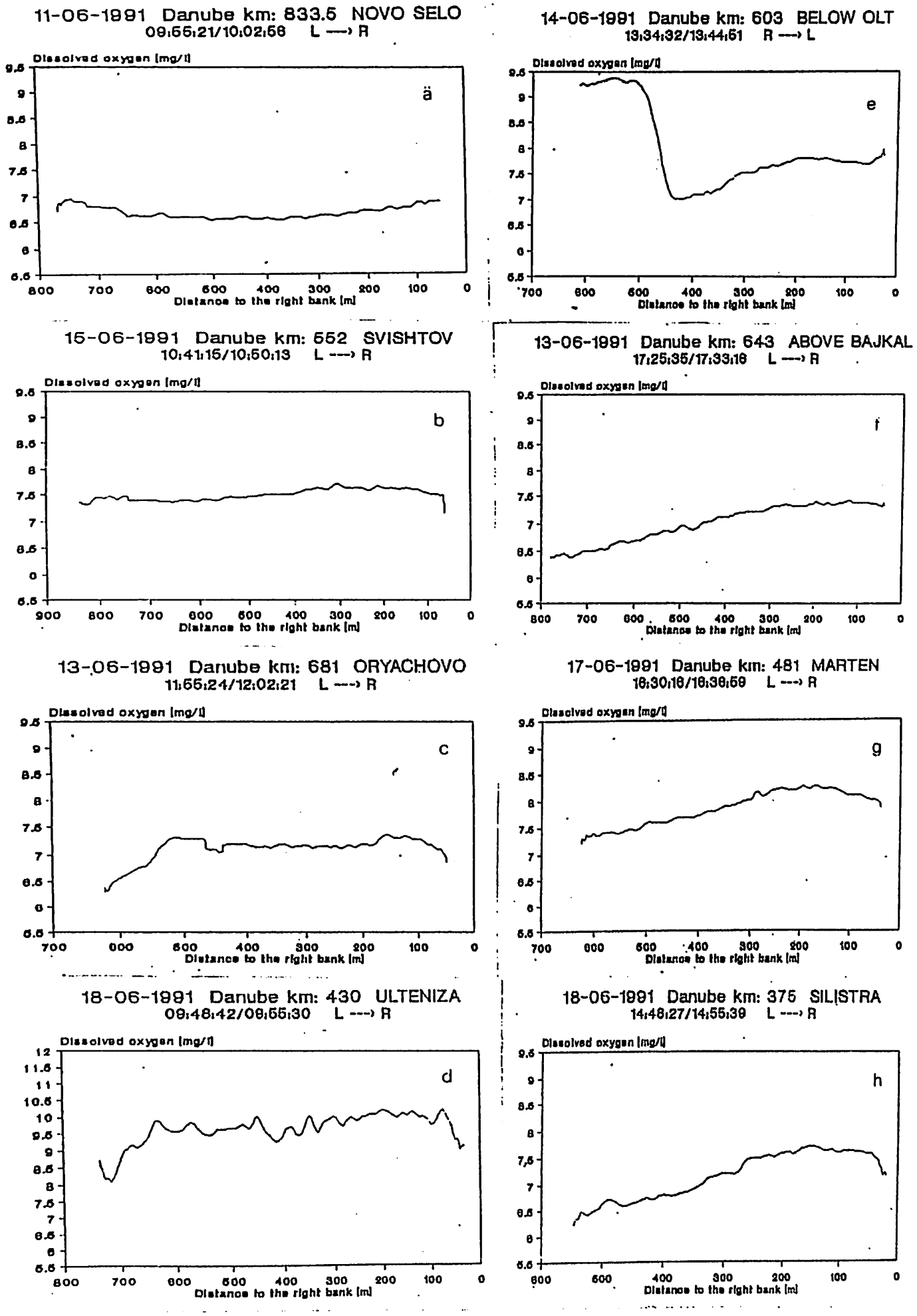


Рис.1 Распределение загрязнения в поперечном сечении р.Дунай минеральными веществами, выраженного посредством показателей электропроводности (Cond)



— Рис.2. Распределение загрязнения в поперечном сочении р.Дунай органическими веществами, выраженного посредством показателя растворенного кислорода (O_2)

ANTHROPISCHE EINFLUSSE AUF EISSCHOLLEN AM UNTEREN LAUF DER DONAU ZWISCHEN EISERNES TOR UND SULINA

Professor Dr. Dipl. Ing. Mircea Podani

Kurzfassung: Am unteren Lauf der Donau (1074 Km lang) zwischen Flussbau Eisernes Tor und Mündung ins Schwarzen Meer stellt die Anhäufung von Eisschollen eine Frage von sozial-ökonomischen Bedeutung dar. Das gilt besonders in bezug auf dem Schutz der Flusswasserbauten gegen zerstörende Effekt der Eisschollen. In der vorliegenden Arbeit sind einige Gesichtspunkte bezüglich der Eisschollbildung und des anthropischen Einflüsses auf die Eisschollen dargestellt. Besondere Aufmerksamkeit wird der anthropischen Einflüsse, die von an der Donau errichteten Wasserbauten - Eisernes Tor I und II, Aufdämmungen und Hafenbauten - ausgeübt sind, sowie der Nachwirkungen von der chemischen und thermischen Flussverunreinigung gegwidmet.
Infolge dieser Analyse bietet man einige Elemente betreffs der Scholleisprognose.

Summary: Inthe lower part of the Danube river between the hydraulic works Iron Gates and its mouths to the Black Sea, with a total length of 1074 km, a great social and economic importance presents the Problem of ice packs agglomeration especially for the defence of riparian industrial units against their distructive effects.
In this article are presented some aspects regarding ice packs formation and t the anthropic influence on ice packs. It has been taken into account mainly the anthropic influence due to hydraulic works Iron Gates I and II to impoundments and some portuar constructions as well as the effects of chemical and thermic pollution of the river waters.
Based on these considerations, some elements of ice packs formation forecasting are presented.

Резюме: На нижнем Дунае, расположенном между гидроузлом Железные Ворота и Черным морем, протяженностью в 1074 км, вопрос агломерации льда представляет особый социально-экономический интерес, особенно это касается защиты социально-экономических объектов от разрушительного эффекта льдин.
В материале предоставлены аспекты, связанные с формированием льда и с влиянием антропогенных факторов на них. Были учтены антропогенные факторы, связанные с гидротехническими сооружениями, как, например, гидроузлы Железные Ворота I и II, дамбы обвалования, некоторые сооружения для судоходства, а также эффекты химического и теплового загрязнения воды реки.
На этой основе представлены некоторые элементы по прогнозированию ледовых явлений.

ANTHROPISCHE EINFLUSSE AUF EISSCHOLLEN AM UNTEREN LAUF DER DONAU ZWISCHEN EISERNES TOR UND SULINA

Prof. dr. ing. Mircea Podani

Kurzfassung:

Am unteren Lauf der Donau (1074 Km lang) zwischen Flussbau Eisernes tor und Mündung ins Schwarzen Meer stellt die Anhäufung von Eisscholen eine Frage von sozial-ökonomischen Bedeutung dar. Das gilt besonders in bezug auf dem Schutz der Flusswasserbauten gegen zerstörende Effekt der Eisscholen.

In der vorliegenden Arbeit sind einige Gesichtspunkte bezüglich der Eisschollbildung und des anthropischen Einflüsses auf die Eisschollen dargestellt. Besondere Aufmerksamkeit wird der anthropischen Einflüsse, die von an der Donau errichteten Wasserbauten - Eisernes Tor I und II, Aufdammungen und Hafenbauten - ausgeübt sind, sowie der Nachwirkungen von der chemischen und thermischen Flussverunreinigung gewidmet.

Infolge dieser Analyse bietet man einige Elemente betreffs der Scholleisprognose.

Eisschollbildung am unteren Lauf der Donau

Die Bildung von Eisschollen an der Donau ist ein zufälliges Phänomen, das in unterbrochener Reihefolge von kausalen Beziehungen auftritt. Die Hauptrolle dieser Reihefolge hält die Summe der negativen Lufttemperaturen auf einer bestimmten Zeitspanne.

Statistisch wird festgestellt, dass an dieser Flussstrecke der Donau Eisschollbildungen von verschiedenen Intensitäten wahrend 70 % dieser Zeitspanne auftretten. Eisbtaue und andere gefährliche Phänomene traten in den folgenden Jahren: 1942 (Marz), 1947 (Februar), 1954 (März), 1963 (Feb.-März), 1968 (Feb.-März) und 1985

(Januar-März) auf. Man kann einen vagen Zyklus mit einer wiederkehrenden Periode von ungefähr 7 und 11 Jahren bemerken, aber die Zyklusnutzung zwecks der Prognose ist noch unbestimmt. Die Methode wird auf Grund der Analyse der Klimaänderungen im Beziehung mit der Eisschollbildung verwendbar sein.

Der entscheidende Faktor der Bildung von gefährlichen Eisschollen (Anhäufungen von Eisschollen, Stromsperre und Eisstaue) ist die Summe der ununterbrochenen negativen Temperaturen, welche einen gewissen kritischen Wert erreichen soll:

$$\sum(- t°C) = t_{cr}$$

Folglich soll unter natürlichen Bedingungen der kritische Wert für die Bildung einer Eisscholldecke ungefähr -100°C sein, d.h. 10 Tage mit Mitteltemperaturen von -10°C.

In der Prognoserechnungen nützt man eine Reihe von Nomogrammen, die auch die Durchflussmengen im Betracht nehmen. Auf diese Art kann man auch die Zeitpunkte der Bildung und Ablösungen der Eisscholldecke vorhersagen. Man nützt auch den Kennwort Grade-Tage, so dass der kritische Wert in solchem Fall ungefähr 300°C/Tage sein wird.

Bezüglich der Rechnungsart für den kritischen Wert der negativen Temperaturen ist es notwendig, folgendes zu bestimmen:

- der Klimafaktor mit entscheidender Rolle für das Gefrieren ergibt sich aus der Abnahme der Fläche der positiven Temperaturen mit umgekehrter Wirkung (Eisminderungen) von der Fläche zwischen die mittlere Variationskurve der negativen Temperaturen und der am 0-Grad Wert gehörige Ordinate;
- die Bestimmungsrelation dieser Flache ist

$$S_t = \int(-t_i)dT - \int(+t_i)dT$$

wo dT, die von der Rechnung zulässige Zeitspanne, und T, die Rechnungsperiode sind. Regelmässig nutzt man die finiten Differenzen, so dass die obere Relation wird:

$$S_t = \sum(-\bar{t}_i)\Delta T - \sum(+\bar{t}_i)\Delta T$$

wo $\bar{t}_i$, die mittlere Temperatur in der ZeitspanneΔT ist.

Kommen im Betracht nur die mittleren täglichen Temperaturwerten, so rechnet man nur die Differenz der Temperatursummen gamäss der oberen Relation.

Die schon erwähnte Relation gilt nur wenn die Summe der positiven Temperaturen kleiner als den kritischen Tauenswert der Eisscholldecke wird.

Die endemischen Bildungszonen der Eisschollen an der Donau von Eisernem Tor bis Schwarzem Meer wird von einer Reihe von Abflusshindernissen, wie Bettverengungen, natürliche Schwellen am Flussgrund und an der Biegungen des Donaulaufes und der Flussärme, bestimmt.

Die Hauptbildungszonen der Eisschollen am unterem Lauf der Donau und die mittlere Viel-jahrige Bildungsfrequenz werden im der Tabelle 1 dargestellt. Man geht von der Hypothese aus, dass das Regime anthropisch und nicht anthropisch beeinflüsst wird.

Tabelle 1

Nr.	Flüssstrecke	Lange der Strecke (Km)	Natürliche Frequenz	Anthropische Frequenz
1.	Zimnicea-Petrosani	520-525	78% (38 Tag)	65%
2.	Giurgiu-Oltenita	460-472	80% (40 Tag)	75%
3.	Calarasi-Dervent	355-360	80% (40Tag)	75%
4.	Cernavoda-Rasova	313-320	80% (40 Tag)	78%
5.	Seimeni	275	82% (42 Tag)	80%
6.	Topalu	265	82% (42 Tag)	80%
7.	Gura Borcei	250	78% (38 Tag)	75%
8.	Galati-Cotul Pisicii	140-150	85% (45 Tag)	80%
9.	Isaccea	100-102	85% (45 Tag)	80%
10.	Sf.Gheorhge-Marele M	60-70	80% (40 Tag)	70%
11.	Chilia-Schwarzem Meer	20-0	90% (50 Tag)	90%

Tab.1.Endemische Zonen fur die Anhaufung der Eisschollen an der Donau vom eisernen Tor bis Schwarzem Meer

Anthropische Einflüsse auf Eisschollen

Auf Wasserläufe wirken nicht nur die negativen Lufttemperaturen sondern auch natürliche Faktoren wie Wassermengen im querschnitt, Wassergeschwindigkeit, Morphologie des Flussbettes und Gefriertemperatur des Wassers abhängig von dem Salze im Wasser.

Die anthropischen Einflüsse spiegeln sich auf diese Faktoren wieder. Unserer Meinung nach haben die Klimaänderungen noch kei-

nen wichtigen Einfluss auf das Regime der Lufttemperaturen. Folglich analysieren wir nur jene Einflüsse, die mit einer von statistischen Elemente bestimmten Genauigkeit quantifiziert werden können.

Die anthropischen Einflüsse auf unteren hauf der Donau lassen sich nach ihrer Bedeutung in folgenden Klassen einteilen:

- Einflüsse der hydrotechnischen Bauten wie Dämme, Bewallungen, Hafenbauten, Wasserentnahmen;
- Einflüsse des Rückgewinns des chemisch, biologisch und thermisch verunreingten Abwassers;
- Einflüsse der Zunahme der allgemeinen und lokalen Flussschiffahrt.

Es gibt auch noch andere Faktoren deren Einfluss kleinere Bedeutung hat, z.B. Eisverfärbung (albedo), Luftverunreinigung, sauerer Regen.

Die Einflüsse von der hydrotechnischen Bauten auf unterem Lauf der Donau sind bemerkbar auf das Regime der Eisschollen.

So, die hydrotechnischen Bauten - Eisernes Tor I und II - haben einen positiven Einfluss auf Eisschollen stromabwärts. Von dem hydroenergetischen Betrieb und der Ausschleusung verspüren solche Nachwirkungen wie bedeutende Wassermengeschwankungen und zeitlich veränderliche Betriebsart auf eine erhebliche Strecke von über 200 Km bis am Bechet-Turnu Magurele Gebiet. Die Flussstrecke vom Eisernen Tor stromabwärts ist nicht mehr mit Eisschollen von stromaufwarts versorgt und das Flusswasser wird durch Betrieb und Auschleusung leicht erwärmt und gewirbelt. Als Folge sind keine Anhäufungen von Eisschollen auf diese Strecke entstanden und das geschah sogar im Jahre 1985, gekennzeichnet durch sehr niedrigen Temperaturen, die fast drei Monate lang dauerten. Sicher, dass auch andere negative Einflüsse von kurzer Dauer erscheinen konnen, z.B. im Falle der Bildung einer stabilen Eisdecke deren Ablösung von stromaufwarts beschleunigt wird. Folglich können mehrere Anhäufungen von Eisschollen als das naturliche Regime auftretten, aber das geschiecht wieder nur unter Sedingungen eines harten Winters.

Einen positiven Einfluss hatten die Bewallungen die auf der rumänischen Donaustrecke ingesamt 1200 Km erreichen. Nach ihrer Aufbau wies das Flussbett eine Tendenz zur optimalen, parabelförmigen Gestaltung und zum schliessendereren Abfluss der Hochwässer auf. Ausserdem versorgten die Eisschollen aus der einge-

dämmten Uferwiese nicht mehr den eigentlichen Flusslauf. Der Schutzwald aus dem Gebiet Damm-Ufer hält ein Teil der Eisdecke zurück und der Eisschollabfluss entwickelt sich allmählich.

Die Wasserentnahmen, Pumpenanlagen und einige Hafenbauten wirken gewöhnlicherweise negativ auf den Abfluss der Eisschollen, besonders wegen der Eindringung in das Minderflussbett von einer Reihe von Buhnen, Schlengen und Bennen, die Stellen für das Anhalten und Anhäufen der Eisschollen bilden können. Ein Beispiel dafür war der Durchlasseinlauf in dem Schiffahrtskanal für den Eisenkombinat Calarasi im Jahre 1985. Wegen der Anhäufungsphänomen und der grossen Energieaufspeicherung in der Eismasse erschienen in der Nähe von einiger Pumpenanlagen starke Erosionen.

Zur Erläuterung der Wirkung der Anhäufung von Eisschollen auf das hydraulische Regime stellen wir im Anlage 1, die geänderten Abflussmengenkurven in drei kennzeichnenden Schnitte des unterem Laufes der Donau im Pegel Calarasi, Tulcea und Isaccea im Winter 1985 dar. Man bemerkt Hohenabstände von 350 m und Änderungen der Durchflussmengen von ungefähr 600 m/sec. Diese Hohenabstände von dem freien Abfluss verursachten bedeutende Sachschaden durch Überschwemmung einiger sozial-ökonomischen Bauten deren Wiederaufbau erheblichen Aufwand erforderte.

Die Nachwirkung des Abwasserrückgewinns, die chemische, thermische und bakteriologische Verunreinigung verspüren besonders in der zeitweiligen, chaotischen Änderung des Gefrierpunktes sowie in der Änderung des Zeitpunktes der Eisschollablosung. Es gibt zwei Arten von Nachwirkungen: unmittelbare Nachwirkungen im Gebiet der Überlaufe und mittelbare Nachwirkungen als Folge der allgemeinen Verunreinigung des Flusswassers.

Die thermische Verunreinigung, die von der rumänischen und bulgarischen Dampfkraftwerke und Kernkraftwerke von grosser Kapazität verursacht wird, hat sowohl positive als auch negative Einflüsse abhängige vom Zustand der Eisdecke, z.B. eine rasche Ablösung von Eisschollen stromaufwärts hat einen negativen Einfluss, bzw. Verschärfung der Lage. Dieses Phänomen geschah in Calarasi im 1985.

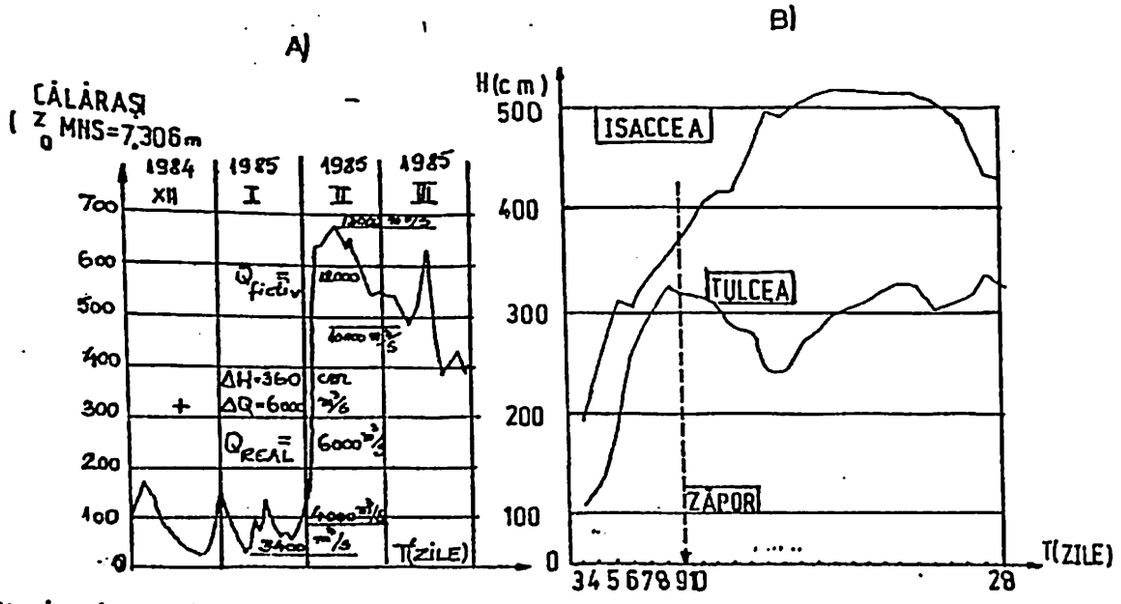
Die Zunahme der internationalen und lokalen Schiffahrt kann während der Eisschollbildungsperiode zur freien Bewahrung der Schiffahrtsrinne und Erleichterung des Eisschollabflusses führen. Trotzdem im Falle der inkorrekten Operation von stromaufwärts nach strom-

abwärts können Verschärfungen der Lage durch Anhalten der abgelösten Eisschollen in den Eisscholldecken erscheinen, Dieses Phänomen wird dadurch vergrössert, dass die Summe der negativen Temperaturen grösser im Gebiet des unteren Laufes der Donau ist. Folglich wird sich die Eisdecke mit Schwierigkeit ablösen.

Infolge der Analyse der Summe der anthropischen Einflüsse auf Eisschollregime am unteren Lauf der Donau stellen wir eine Verminderung der Frequenz von Eisschollbildung auf bestimmten Strecken fest (siehe die letzte Kolonne der Tabelle 1). Im allgemeinen können die anthropischen Einflüsse als positiv betrachtet werden, aber man muss auch die schon erwähnten Fälle im Betracht nehmen, die eine Verbesserung des informationellen Systems und eine Fortführung der Untersuchungen der drei schon genannten Einflussklassen erfordern.

Anschrift des Verfassers:

ROMANIA- Bukarest s.II
Bd. Libertăţii 12
Tel. 316158, Fax 316182

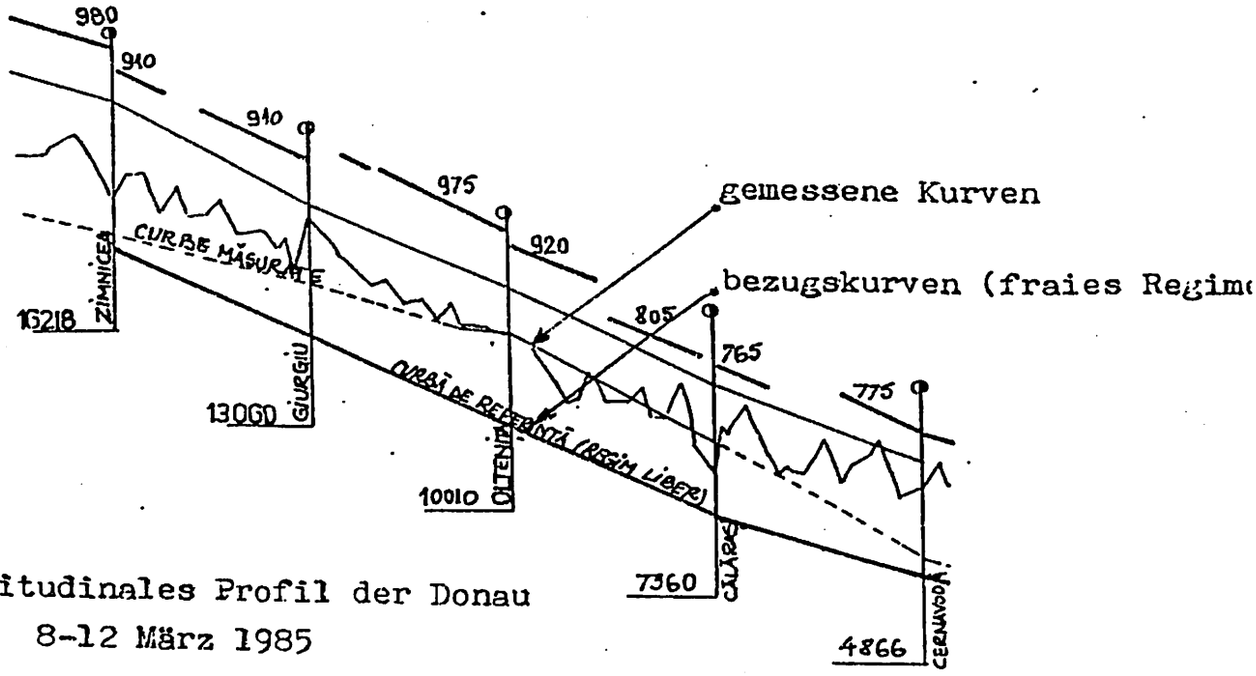


A) VARIAȚIA NIVELURILOR APEI LA P.H. CĂLĂRAȘI CONSIDERAT NEINFLUENȚAT ESENȚIAL DE ZAPORUL DE GHEAȚA SI DEBITELE REALE SI FICTIVE

B) VARIATIA NIVELURILOR APEI 3-28 MARTIE 1985 - ISSACCEA, TULCEA

A) Variation des Wasserniveaus im Pegel Călăraşi der von dem Eisstan und fiktiven Durchflussmengen im hohen Masse beeinflusst ist;

B) Variation des Wasserniveaus in der Periode 3-28 März 1985 - Isaccea, und Tulcea.



Longitudinales Profil der Donau
8-12 März 1985

PROFILUL LONGITUDINAL AL DUNARII 8-12 MARTIE SUPRAFAȚA LIBERA A APEI
CORONAMENTUL DIGURILOR
CURBA DE REFERINȚA SCURGERE FĂRĂ GHEȚURI