

*Шығыс*

Қазақстан республикасының  
табиғи ресурстар және қоршаған  
ортаны қорғау Министрлігі  
Республикалық мемлекеттік  
"Қазгидромет" кәсіпорны

Министерство природных  
ресурсов и охраны окружающей  
среды Республики Казахстан  
Республиканское  
государственное предприятие  
"Казгидромет"

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

Әр тоқсанда шығарылатын  
Ғылыми-техникалық журнал

**№ 1**

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

АЛМАТЫ  
2002



## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Кудеков Т.К., канд. геол.-мин. наук (председатель); Медеу А.Р., доктор геогр. наук (зам. председателя); Ахмеджанов Т.К., доктор техн. наук; Ахметов А.С., доктор техн. наук; Бейсенова А. С., чл.-корр. НАН РК, доктор геогр. наук; Бишимбаев В.К., доктор техн. наук; Болдырев В.М., доктор геогр. наук; Госсен Э.Ф., академик НАН РК, доктор с.-х. наук; Турмагамбетов М.А., канд. техн. наук; Чередниченко В.С., доктор геогр. наук; Чигаркин А. В., доктор геогр. наук.

## РЕДКОЛЛЕГИЯ

Бурлибаев М.Ж., канд. геогр. наук (председатель); Кожихметов П.Ж., канд. техн. наук (зам. председателя); Семенов О.Е., канд. физ.-мат. наук (зам. председателя); Ивкина Н.И., канд. геогр. наук (ответственный секретарь); Бельгибаев М.Е., доктор геогр. наук; Степанов Б. С., доктор геогр. наук; Акбасова А.Д., доктор техн. наук; Турсунов А.А., доктор техн. наук; Достай Ж.Т., доктор геогр. наук; Амиргалиев Н.А., доктор геогр. наук; Уманец В.Н., доктор техн. наук; Подольный О.В., доктор геол.-мин. наук; Садыков Д.Ш., доктор геол.-мин. наук; Муртазин Е.З., канд. геол.-мин. наук; Галаева О.С., компьютерная сборка.

## ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 1



Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство № 1538

Министерства печати РК.

Подписной индекс 75855.

Адрес редакции:

480072, Алматы,

Телефон:

пр. Сейфуллина, д. 597, к. 508

E-mail:

54-22-83; 54-25-36

general@kniimosk.almaty.kz

Подписано к печати 17.05.2002. Формат 70x100/16. Печать офсетная.  
Бумага офсетная. Объем 19,42 п.л. Тираж 500 экз. Заказ 121  
Цена договорная

Типография КазгосИНТИ,  
480096, г.Алматы, ул. Богенбай батыра, 221

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

- А.М. Шукшутов, М.С. Дуамбеков, Г.М. Абаюова**  
Концепция оптимизации системы управления природопользованием. . . . . 7
- О.Е. Семенов**  
Сопrotивление подвижной песчаной поверхности при бурях. . . . . 14
- С.А. Долгих, А.В. Чередниченко**  
К оценке возможных изменений климата в районе Щучинско-Боровской курортной зоны. . . . . 29
- В.В. Голубцов**  
Моделирование изменения влажности воздуха с высотой местности. . . . . 42
- А.Д. Рябцев, С.К. Ахметов**  
Водные ресурсы Казахстана: проблемы и перспективы использования. . . . . 51
- Б.С. Степанов, Р.К. Яфязова**  
Климат голоцена и селевая активность на северном склоне Заилийского Алатау. . . . . 74
- И.И. Скоцеляс, В.И. Ли, В.П. Попова, С.А. Ерисковский**  
Боковой приток речных вод в Капшагайское водохранилище. . . . . 82
- Х.Р. Йенсен, Н.И. Ивкина, Т.П. Строева**  
Некоторые результаты тестирования системы предупреждения штормовых нагонов на Каспийском море. . . . . 93
- С.А. Абдрасилов, Г.Б. Куджибаева**  
Влияние климатических факторов и фазы дельты реки Или на колебания уровня озера Балхаш. . . . . 101

<b>Ж.Ж. Карамолдоев</b> Расчеты минимального стока рек Кыргызстана при отсутствии материалов наблюдений. ....	114
<b>П.А. Черкасов, Л.А. Ерисковская, С.В. Ударцев, Т.В. Солодовникова</b> О каталоге ледников северного склона Заилийского Алатау по состоянию на 1990 год. ....	123
<b>П.А. Черкасов</b> Предварительный анализ изменения количества и площади ледников на северном склоне Заилийского Алатау за период 1955 – 1990 гг. ....	135
<b>А.М. Шукпутов, М.С. Дуамбеков</b> Концепция кодификации экологического законодательства для устойчивого развития. ....	141
<b>И.Н. Шмарова, Г.К. Турулина</b> Методы оценки и прогнозирования воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду по данным экологического мониторинга. ....	146

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

- A.M. Shukputov, M.S. Duambekov,  
G.M. Abauova**  
Concept of the system optimization of the natural  
management. . . . . 7
- O.E. Semenov**  
Resistance of the mobile sandy surface during storms. . . . . 14
- S.A. Dolgikh, A.V. Cherednichenko**  
To Assessment of possible climate changes in the region of  
the SCHhuchinsko-Borovskoy resort zone. . . . . 29
- V. V. Golubtsov**  
Modeling of air humidity change with terrain height. . . . . 42
- A.D. Ryabtsev, S.K. Akhmetov**  
Kazakhstan water resources: problems and prospects of  
using. . . . . 51
- B.S. Stepanov, R.K. Yafyazova**  
Holocene Climate and Mudflow Activity in the Northern  
Slope of the Zailiyskiy Alatau Mountains. . . . . 74
- I.I. Skotselyas, V.I. Lee, V.P. Popova,  
S.A. Yeriskovskiy**  
Assessment of Monthly Lateral Inflow of the River Waters  
into Kapshgay Reservoir. . . . . 82
- H.R. Jensen, N.I. Ivkina, T.P. Stroyeva**  
Some results of the testing of the storm surges warning  
system on the Caspian sea. . . . . 93
- S.A. Abdrasilov, G.B. Kudzhibayeva**  
Influence of climatic factors and phase of Ily river's delta on  
the Balkhash lake level fluctuations. . . . . 101
- ZH.ZH. Karamoldoyev**  
Calculation of the minimal runoff of the Kiyrgiystan river at  
absence of the observing information. . . . . 114

**P.A. Cherkasov, L.A. Yeriskovskaya,  
S.V. Udartsev, T.V. Solodovnikova**

About the glacier catalogue on the Zailiyskiy Alatau northern slope during period before 1990 year. . . . . 123

**P.A. Cherkasov**

Preliminary analysis of quantity and area glaciers change on the Zailiyskiy Alatau northern slope during 1955 – 1990 years period. . . . . 135

**A.M. Shukputov, M.S. Duambekov**

Concept of the ecological legislation's codification for steady development. . . . . 141

**I.N. Shmarova, G.K. Turulina**

The evaluation methods and forecast of impact of the environment acceding to ecological monitoring. . . . . 146

УДК 504.03(574)

## КОНЦЕПЦИЯ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

Канд. экон. наук

А.М. Шукпутов

Доктор техн. наук

М.С. Дуамбеков

Г.М. Абауова

*Рассматриваются вопросы необходимости оптимизации системы управления природопользованием в целях стабилизации и улучшения состояния окружающей среды с новым подходом для установления нормативных выбросов (сбросов) вредных веществ в окружающую среду.*

Экологическая ситуация в Казахстане остается напряженной, хотя наблюдается снижение объемов выбросов в атмосферу вредных веществ. Однако, концентрация выбросов остается опасной для окружающей среды и здоровья населения. Наибольший уровень загрязнения атмосферного воздуха отмечены в городах: Усть-Каменогорск, Лениногорск, Шымкент, Актобе, Алматы.

Качественное состояние практически всех водных объектов республики остается неудовлетворительным. Основные загрязнения поступают в водные объекты со сбросами предприятий химической, нефтеперерабатывающей, машиностроительной промышленности и цветной металлургии. Отвалы промышленных предприятий, хвостохранилища, золоотвалы, полигоны твердых отходов являются очагами наибольшего загрязнения земель. Ситуацию усугубляют производственные и бытовые отходы, которых в республике накопилось более 20 млрд. т в том числе 5-8 млрд. токсичных. В связи с такой обстановкой в целом по республике необходимо изменять систему управления природопользования, нормативов качества оценки окружающей среды.

Нормативы по оценке загрязнения атмосферного воздуха, оценка качества поверхностных вод далеко не соответствуют современным требованиям. Все нормативы были направлены только на охрану здоровья человека, а не на охрану окружающей среды. При расчетах предельно-допустимых выбросов в атмосферный воздух мы учитываем только при-

земную концентрацию воздуха, которая должна быть не вредна человеку, а воздействие загрязняющих веществ на природную среду, флору, фауну и на воду, почву не учитываются [1]. Получается парадокс: вредные вещества, находящиеся в воздухе, якобы не должны падать на землю и не загрязнять землю, почву, воду, хотя имеют определенную массу и воздействие.

Поэтому мы должны при расчетах предельно-допустимых выбросов источников загрязнения учитывать воздействие на флору, фауну, землю, воздух и воду, то есть проводить комплексное нормирование оценки окружающей среды.

Действующие в настоящее время методики расчета предельно допустимых выбросов (ПДВ) (временно согласованных выбросов (ВСВ)) разработаны на основе Закона СССР об охране атмосферного воздуха. Методика излишне усложнена и перегружена расчетами распространения загрязняющих веществ (ЗВ), концентрации которых настолько малы, что не поддаются обнаружению современными средствами контроля. В то же время методика не учитывает возможного перехода ЗВ из воздуха в почву и гидросферу. Поэтому основным недостатком этого метода является то, что фактическое воздействие ЗВ на окружающую среду не учитывается [2].

Снижение загрязнения предусматривается посредством планирования природоохранных мероприятий. Контроль выполнения природоохранных мероприятий противоречит условиям рыночных отношений [3]. Методика основана на расчетных формулах и не предусматривает контроля фактического состояния окружающей среды расчетным показателям. К тому же все расчеты основаны на учете потребления и переработки предприятием тех или иных материалов, учет фактического количества которых в настоящее время крайне затруднителен (электроды, химреактивы и т.п.). Таким образом, в настоящее время отсутствует документ по проведению производственного мониторинга за состоянием окружающей среды.

При расчетах предельно допустимых сбросов в поверхностные воды измерения концентрации загрязняющих веществ производят ниже по течению реки на 500 м, или на расстоянии 500 м в радиусе морских шельфов. По существующим нормам, концентрация состава воды на расстоянии 500 м, должна быть не вредна человеку, то есть ниже предельно допустимой концентрации устанавливаемой Министерством здравоохранения Республики. При этом воздействие вредных сбросов на флору и фауну, до точки замера (500 м по течению) не учитываются. В связи с отсутствием методики расчета предельно-допустимых сбросов на морские



шельфы, мы до сих пор пользуемся методикой расчета сбросов в реки и производим оценку качества на границе в радиусе 500 м. При этом не учитывается воздействие вредных веществ от источника загрязнения в толще морской воды на растительный и животный мир.

В настоящее время тома предельно допустимых выбросов (сбросов) в атмосферу не отвечают настоящим требованиям и не отражают реальную ситуацию выбросов предприятий и источников загрязнения. Дело в том, что этот документ отражает предельно допустимые выбросы при проектной мощности предприятия, а в данной ситуации, когда многие предприятия работают гораздо ниже проектной мощности, не показывает реальную картину. Поэтому нормативные предельно допустимые выбросы в некоторых случаях в несколько раз выше фактических выбросов.

Мы считаем, что комплексное нормирование оценки окружающей среды дает возможность правильно оценить состояние природной среды и эффективно управлять загрязнителями природной среды, добиться сбалансированного качества природы.

Нами предлагается новый подход к оценке качества окружающей среды, основанный на новых расчетах предельно-допустимых выбросов и сбросов. Его можно использовать в разрешительной системе природопользования. При расчетах нормативных сбросов, выбросов, размещения отходов необходим комплексный подход: учет выбросов, сбросов, отходов, а также сбросов на почву и определение сверхнормативных приведенных масс выбросов и сбросов. Необходимо переходить к системе мониторинга оценки нормативов выбросов, то есть: нормативный выброс на текущий год должен устанавливаться от показателей мониторинга состояния выбросов (сбросов) предприятия, с учетом показателей прошлогодних фактических выбросов (сбросов), а также с учетом роста реальной производительности предприятия.

Временно-согласованные выбросы (ВСВ) превышающие ПДВ необходимо рассматривать как сверхнормативные выбросы и плату за них установить как за сверхнормативный выброс. Это заставит предприятия, работающие на ВСВ, оперативно разработать реальные планы мероприятий по ограничению сверхнормативных выбросов и обеспечить их выполнение.

Комплексное нормирование выбросов и сбросов должно производиться на принципах:

- минимизация ущерба, наносимого окружающей среде (ОС), в сочетании с одновременным обеспечением бесперебойного функционирования предприятия;

- рассмотрения всех аспектов возможного влияния на ОС во взаимодействии;

- выполнения работы по взаимосвязанным стадиям, каждая из которых углубляет степень изученности и контроля за состоянием компонентов ОС, достигнутую на предыдущей стадии;

- максимального учета последствий тех или иных технических и технологических решений на все компоненты ОС;

- использования работы в качестве инструмента формирования у предприятия бережного отношения к ОС.

Предлагаемое комплексное нормирование должно дать возможность осуществлять нормирование выбросов и сбросов ЗВ с учетом следующих требований:

- в качестве основного требования предлагаемой системы нормирования предполагается получение достаточно надежных количественных показателей состояния основных компонентов ОС (поверхностные и подземные воды, воздух, почвы), получаемых на основе прямых замеров и анализа отобранных проб;

- должны быть выявлены все изменения компонентов ОС, обусловленные влиянием выбросов и сбросов ЗВ предприятием, что даст возможность подобрать такую нагрузку на экосистему, при которой будет обеспечено ее полноценное функционирование в течение заданного промежутка времени;

- результаты работы должны определять все возможные последствия для ОС и населения вследствие воздействия выбросов и сбросов ЗВ при нормальном режиме эксплуатации и возможном неблагоприятном стечении обстоятельств (в том числе при аварийных ситуациях). Кроме того, выполняются необходимые расчеты по прогнозу развития ситуации на период продолжительностью не менее 10 лет и разрабатываются методы нейтрализации отрицательного влияния на ОС, вплоть до изменения технологии производства.

Для сравнения предлагаемого метода расчета выбросов ЗВ были проведены натуральные наблюдения за концентрацией ЗВ в районе размещения ТЭЦ-2 АПК (Алматы Пауэр Консалидейтэд). Наблюдение проводилось Алматинской городской санэпидемстанцией в нескольких цен-

тральных точках, размещенных вокруг предприятий. В табл. 1 приведены результаты расчетов концентраций ЗВ, выполненных по существующей методике расчета ПДВ.

Таблица 1

Результаты расчетов и натуральных наблюдений на АПК ТЭЦ-2 в 2001 г

Точка	Концентрация, доли ПДК					
	Пыль (ПДК = 0,5 мг/м <sup>3</sup> )		NO <sub>2</sub> (ПДК = 0,085 мг/м <sup>3</sup> )		SO <sub>2</sub> (ПДК = 0,5 мг/м <sup>3</sup> )	
	Наблюд.	Расчетная	Наблюд.	Расчетная	Наблюд.	Расчетная
1,2 км южнее ТЭЦ-2	1,1-5,1	0,2-0,4	1,1	0,7-1,3	1,1-2,9	0,05-0,06
1,5 км северо- западнее ТЭЦ-2	1,1-5,3	1,21	1,1-1,2	0,91	1,1-2,2	0,4
С-х "Пригород- ный"	1,1-3,7	1,0	1,1	0,89	1,1-1,7	0,4
С-х "Акса́й"	1,1-3,0	1,1	1,1	0,91	1,1-1,5	0,42
СПН-5	1,1 - 3,3	0,2-0,4	1,1	0,9-1,3	-	-

Выполненные наблюдения позволяют констатировать, что фактическое состояние атмосферы в районе размещения АПК ТЭЦ-2 по двум из трех показателей (пыль и диоксид серы) по всем контрольным точкам гораздо хуже, нежели можно было ожидать по результатам расчета по существующей методике. Фактические концентрации диоксида азота в целом ряде наблюдений также превышают расчетные.

При нормировании объемов выбросов и сбросов загрязняющих веществ на основе мониторинга окружающей среды произойдет сближение значений лимитируемых объемов к фактическим. Таким образом, исчезнет разница между ними и нормирование будет приобретать реальные формы.

За счет появления сверхнормативных объемов загрязняющих веществ увеличиваются поступления в бюджет по платежам. При этом следует учесть то, что чрезмерное увеличение платежей за загрязнение окружающей среды, направляемых в бюджет государства не всегда целесообразно. С другой стороны, платежи за сверхнормативные загрязнения, выявляемые территориальными органами охраны окружающей среды, следовало бы направлять на выполнение природоохранных работ как областного, так и республиканского значения.

Наконец, внедрение методов мониторингового нормирования загрязняющих веществ позволит провести производственный мониторинг окружающей среды у всех крупных природопользователей (80 % всех за-

грязнений), на основе которых можно обеспечить государственный мониторинг окружающей среды РК на 60—70 % (табл. 2).

Ожидаемые результаты показателей комплексного нормирования по сравнению с расчетными методами

Таблица 2

Показатели	Существующие расчетные методы	Предлагаемое комплексное нормирование
Лимиты выбросов и сбросов загрязняющих веществ, указываемые в Разрешениях	На уровне предыдущего года	Снижение на 20—25 %
Фактические объемы выбросов и сбросов загрязняющих веществ	60—70 % лимитов	90—97 % лимитов
Разница между лимитированным и фактическим объемом загрязняющих веществ	30—40 %	5—10 %
Сверхнормативные объемы выбросов и сбросов загрязняющих веществ	0,3—0,9 % лимитов	5—7 % лимитов
Платежи за нормированные объемы загрязнения	На уровне предыдущего года	На уровне предыдущего года
Платежи за сверхнормативные объемы загрязнения	На уровне предыдущего года	Увеличение на 3—5 %
Финансовые средства предприятий, направляемые на собственные природоохранные мероприятия	На уровне предыдущего года	Увеличение на 10—12 %
Охват производственным мониторингом окружающей среды крупных предприятий	17 %	95 %
Обеспечение государственного мониторинга окружающей среды республики на основе производственного	Отсутствует	60—70 %

В заключении можно сделать вывод, что предлагаемая концепция оптимизации системы управления природопользования является актуальной и перспективной в стимулировании природопользователей в направлении снижения антропогенного воздействия на окружающую природную среду.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по нормированию выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в атмосферу и водные объекты. М.: Госкомитет по охране природы СССР, 1989 г.
2. Методика расчета предельно - допустимых сбросов (ПДС) веществ в водные объекты Республики Казахстан со сточными водами. Утв. Министерством экологии и биоресурсов РК. №141. 12. 1994 г.
3. Временные указания по определению фоновых концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе для нормирования выбросов и установления предельно – допустимых выбросов. М. Гидрометеиздат. 1981 г.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды РК

### **ТАБИҒАТТЫ ПАЙДАЛАНУДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ КОНЦЕПЦИЯСЫ**

Экон.ғылымд. кандидаты            А.М. Шокпытов

Техн. ғылымд. докторы            М.С. Дуамбеков

   Г.М. Абауова

*Қоршаған ортаның жағдайын тұрақтандыру және жақсарту мақсатында қоршаған ортаға зиянды заттардың нормативтік таралуын бекіту үшін жаңаша көзқараспен табиғатты пайдалану жүйесін басқаруды оңтайландыру мәселелері қарастырылады.*

УДК 551.515.3:551.55:551.510.522

## СОПРОТИВЛЕНИЕ ПОДВИЖНОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ БУРЯХ

Канд. физ. - мат. наук О.Е. Семенов

По измерениям во время песчаных бурь получены значения коэффициента сопротивления песчаной поверхности  $C_f$  и параметра шероховатости  $z_0$ . При ветровом переносе песка в интервале скоростей ветра от 6 до 18 ... 20 м/с  $C_f$  растет 0,001 до 0,003,  $z_0$  - от  $3 \cdot 10^{-4}$  до 1 см. По величине  $C_f$  и  $z_0$  песчаные подвижные поверхности относятся к поверхностям с промежуточным режимом взаимодействия с потоком и близки к взволнованной морской. Получена зависимость  $z_0$  от размера частиц  $x_0$  и аналога числа Фруда

$$z_0 = 3 \cdot 10^{-4} x_0 \left( \frac{u_*^2}{gx_0} \right)^2. \text{ Это существенно отличает подвижную}$$

песчаную поверхность от поверхности Никурадзе с закрепленными частицами песка.

В метеорологии основной динамической характеристикой подстилающей поверхности является коэффициент ее аэродинамического сопротивления

$$C_f = \frac{\tau}{\rho u_z^2} = \left( \frac{u_*}{u_z} \right)^2, \quad (1)$$

где  $\tau$  - касательное напряжение,  $\rho$  - плотность воздуха,  $u_z$  - скорость ветра на уровне  $z$ ,  $u_*$  - динамическая скорость,  $C_f$  безразмерная локальная характеристика трения, изменяющаяся в зависимости от высоты измерения скорости. Это делает его не всегда удобным при практическом применении. Коэффициент  $C_f$  чаще всего используют в численных прогностических моделях и в расчетных схемах, в которых в качестве характерной скорости ветра рассматривается её значение на высоте установки ветроизмерительных приборов на метеостанциях ( $z = 8 \dots 12$  м). При проведении полевых исследований высота измерений скорости ветра чаще всего значительно меньше и близка к уровням стандартных градиентных наблюдений теплобалансовых станций - 0,5 и 2 м, но нередко она бывает и ниже 0,5 м. В

этих случаях при анализе полученных результатов измерений необходимо находить  $C_7$  для этих высот или находить эмпирические связи  $u_*$  с  $u_*$ .

Более широкое применение в теоретической метеорологии и на практике находит другая динамическая характеристика подстилающей поверхности – параметр шероховатости  $z_0$ , имеющий размерность длины. Долгое время в метеорологии  $z_0$  оставался формальным и достаточно плохо изученным параметром. В моделях строения атмосферы  $z_0$  для шероховатых поверхностей рассматривался как уровень потока, на котором скорость ветра обращается в нуль. Значение параметра шероховатости для различных типов ландшафтов определяют эмпирически путем измерений над ними вертикальных профилей средней скорости ветра в условиях безразличной температурной стратификации, когда они описываются логарифмическим законом

$$u(z) = \frac{u_*}{\chi} \ln \frac{z}{z_0} \quad \text{с } \chi = 0,4.$$

Графическая экстраполяция измеренных профилей  $u(z)$  в координатах  $u$  и  $\ln z$  до пересечения с осью ординат, где скорость ветра обращается в нуль, дает значение  $z_0$ .

Полученные для конкретных ландшафтов значения  $z_0$  принимаются в качестве постоянных, характерных для них величин. Следует заметить, что требования к точности определения  $z_0$ , как правило, не слишком высоки, так как в уравнения параметр шероховатости входит под знаком логарифма. Таблицы значений  $z_0$  для различных поверхностей можно найти в монографиях Лайхтмана [6], Зилитинкевича [4] и ряде других источников.

Интерес к параметру шероховатости резко возрос в 70-80-е годы прошлого столетия, когда возникла необходимость учитывать взаимодействие явлений погоды мезометеорологического масштаба с крупномасштабными атмосферными процессами в численных схемах прогноза погоды. Монин и Яглом показали, что  $z_0$  является объективной характеристикой динамического взаимодействия потока с поверхностью, зависящей от размеров неровностей на ней  $h_s$ ,

$$z_0 = h_s \cdot e^{-\chi B},$$

где  $B$  постоянная величина. По фундаментальным исследованиям Никурадзе в условиях режима полностью развитого шероховатого обтекания поверхности она равна 8,5. Оказалось, что параметр шероховатости и коэффициент сопротивления связаны между собой зависимостью

$$z_0 = z \cdot e^{-\chi \sqrt{11C_f}} \quad [7].$$

В гидродинамике выделены три типа поверхностей: гладкие, шероховатые и поверхности с промежуточными свойствами. В основу такой классификации положено отношение размеров неровностей на поверхности  $h_s$  к толщине на ней вязкого подслоя  $\delta_v = \nu/u_*$ , где  $\nu$  кинематическая вязкость. Для сопротивления движению потока важно, утоплены неровности поверхности внутри вязкого подслоя, или выступают за его пределы. Масштаб высоты вязкого подслоя  $\delta_v$  при небольших скоростях потока достигает нескольких десятых долей миллиметра и быстро уменьшается с ростом динамической скорости до 0,1 мм и менее. По мнению Шлихтинга, в технике для существования динамически гладких поверхностей допустимая высота элементов шероховатости заключена в пределах от 0,01 до 0,1 мм. Для очень редких бугорков шероховатости, а так же для волнистой поверхности, допустимая высота неровностей может быть несколько большей [14].

Как известно, наиболее изученным является взаимодействие потока с песчаной поверхностью, сложенной закрепленными однородными частицами. Фундаментальные экспериментальные работы Никурадзе и результаты последующего их анализа лежат в основе современных представлений о взаимодействии потока жидкости или газа с плоскими поверхностями [4, 7]. Установленные границы режимов обтекания поверхностей связаны с изменением соотношений между размерами высоты препятствий  $h_s$  и толщины вязкого подслоя  $\delta_v$ . Это отношение  $h_s/\delta_v$  имеет

вид числа Рейнольдса  $\frac{h_s}{\delta_v} = \frac{h_s u_*}{\nu}$  и поэтому часто называется числом Рей-

нольдса поверхности  $Re_s$ . Когда препятствия полностью погружены в вязкий подслей наблюдается гладкий режим обтекания поверхности. Для плотно упакованных и приклеенных к поверхности частиц песка одинакового размера этот режим наблюдается при  $Re_s < 2$ . В этом случае сопротивление поверхности определяется только молекулярной вязкостью. Когда верхние части песчинок выступают за границы вязкого подслоя, наблюдается переходный режим. Если частицы выступают намного выше границы вязкого подслоя, то осуществляется режим развитого шероховатого взаимодействия потока с поверхностью. Он наблюдается при числах Рейнольдса  $Re_s > 70$ . В условиях развитой шероховатости сопротивление полностью обуславливается турбулентной вязкостью потока. Разумеется, что в приложении к метеорологическим задачам численные значения кри-



териев  $Re_s$ , не следует считать вполне установленными, а следует рассматривать их как приближенные. В режиме развитого шероховатого взаимодействия потока с поверхностью коэффициент сопротивления является постоянной величиной не зависящей от числа Рейнольдса  $Re_s$ . Никурадзе показал, что в полностью развитом турбулентном течении, параметр шероховатости  $z_0$  пропорционален размеру песчинок и равен одной тридцатой их размера  $z_0 = \frac{1}{30} h_s$  [2-7].

Но оказалось, что в природе существуют поверхности, параметр шероховатости которых не является постоянной величиной, а изменяется в широких пределах под воздействием потока воздуха. Это поверхность морей при штормах, снежного покрова при метелях и подвижного песка во время пыльных бурь. Взаимодействию ветра с морской поверхностью уделено пристальное внимание при изучении проблемы взаимодействия атмосферы и океана и имеется большое число публикаций, некоторые из которых использованы в данной работе [2, 4, 7]. Значительно меньше работ по изучению зависимости  $z_0$  от скорости ветра при метелях и песчаных бурях [2, 10, 12, 16].

В природе песчаная поверхность существенно отличается от искусственной, с которой работал Никурадзе. Естественные поверхности сложены из полидисперсных систем подвижных частиц песка, интервал размеров которых изменяется от 40 . . . 50 до 300 . . . 500 мкм. На реальной поверхности песка ветер создает периодические деформации – золотые волновые формы рельефа различного масштаба. Их можно разделить на две группы в зависимости от геометрических размеров и масштабов динамических процессов при их образовании:

1. золотые макроформы (дюны, гряды, барханы и барханные гряды);
2. золотые микроформы: золотая рябь или рифели и микрорябь.

На лишенных растительности песках, создаются подвижные формы рельефа – барханы и барханные цепи, покрытые рифелями. На очень мелких песках на рифелях можно обнаружить микрорябь высотой порядка миллиметра и периодичностью в несколько миллиметров. Высота барханных цепей бывает от нескольких десятков сантиметров до метра и более, расстояние между гребнями – от одного до двух десятков метров. Одиночные барханы могут достигать значительно высоты – до 10. . . 15 м и более. Геометрические масштабы рифелей изменяются в следующих пре-

делах: высота порядка одного сантиметра, длина волны – от нескольких до 20 и более сантиметров [1, 9].

Все перечисленные подвижные формы песчаного рельефа объединяет удивительное геометрическое подобие – они имеют очень близкое отношение высот  $h$  к параметру периодичности  $\lambda$ . Так у мелкобарханных цепей среднее отношение  $h/\lambda = 0,05 \dots 0,06$ , у золотой ряби –  $0,06 \dots 0,08$ .

О влиянии переносимых ветром частиц песка на основные кинематические и динамические параметры воздушного потока стало известно еще с пионерных работ Р. Багнольда конца 30-х годов 20-го века, выполненных лишь ненамного позже работ Никурадзе. Багнольд не только обнаружил изменение формы профилей скоростей двухфазного потока, несущего частицы песка, по сравнению с чистыми воздушными потоками, но и сделал вывод, что режим обтекания песчаной поверхности, покрытой рифелями, является промежуточным [15].

В конце 60-х годов Р. Бирн, проанализировав накопленные измерения профилей ветра в условиях пороговых (критических) его скоростей в момент начала развития процесса выветривания поверхностей песка и почв, подтвердил вывод Багнольда. На начальной стадии отрыва частиц режим обтекания поверхности не достигает развитого шероховатого и является переходным от гладкого к турбулентному [16].

В 70-х годах, при проведении градиентных измерений во время песчаных бурь, было обнаружено, что параметр шероховатости  $z_0$  меняется с ростом динамической скорости  $u_*$  в широком интервале значений – от  $10^{-4}$  до 1 см. Это существенно отличает естественную поверхность по своим динамическим свойствам от поверхности Никурадзе, так как отношение  $z_0/h$ , на ней уже не является постоянной величиной [11]. Измерения проводились над ровной спланированной поверхностью и над невысокими барханными песками ( $h = 0,5 \dots 0,6$ ). Зависимость  $z_0$  от  $u_*$  имела значительный разброс и носила статистический характер. Выявить влияние высоты барханов на величину  $z_0$  не удалось. По-видимому, невысокие барханные цепи вместе с системой присоединенных вихрей обтекаются потоком в гладком режиме и основной вклад в сопротивление движению потока вносят горизонтальные компоненты сил касательного трения, а не силы нормального давления.

Для высоких барханов, по исследованиям сотрудников Главной геофизической обсерватории в пустыне Каракум, основную роль в сопротивлении поверхности вносит сопротивление формы самих элементов

макрорельефа. Оно составляет примерно  $5/6$  от полного сопротивления и лишь  $1/6$  приходится на касательное сопротивление. По их мнению, это связано с большой крутизной и резкой асимметрией барханов. Крутизна их наветренного склона достигала  $15^\circ$ , подветренного склона осыпания –  $31 \dots 32^\circ$ . В то же время в исследуемом диапазоне скоростей ветра (до  $u_* = 0,44$  м/с) режим обтекания песчаной поверхности склонов бархана был гладким [2, 3].

В 1980-х . . . 1990-х годах, исследуя песчано-солевые бури на высохшем дне Аральского моря сотрудники КазНИГМИ (ныне КазНИИ-МОСК) продолжили градиентные измерения профилей скорости ветра и переносимой массы песка на 16-ти метровых метеорологических мачтах (см. рис. 1).

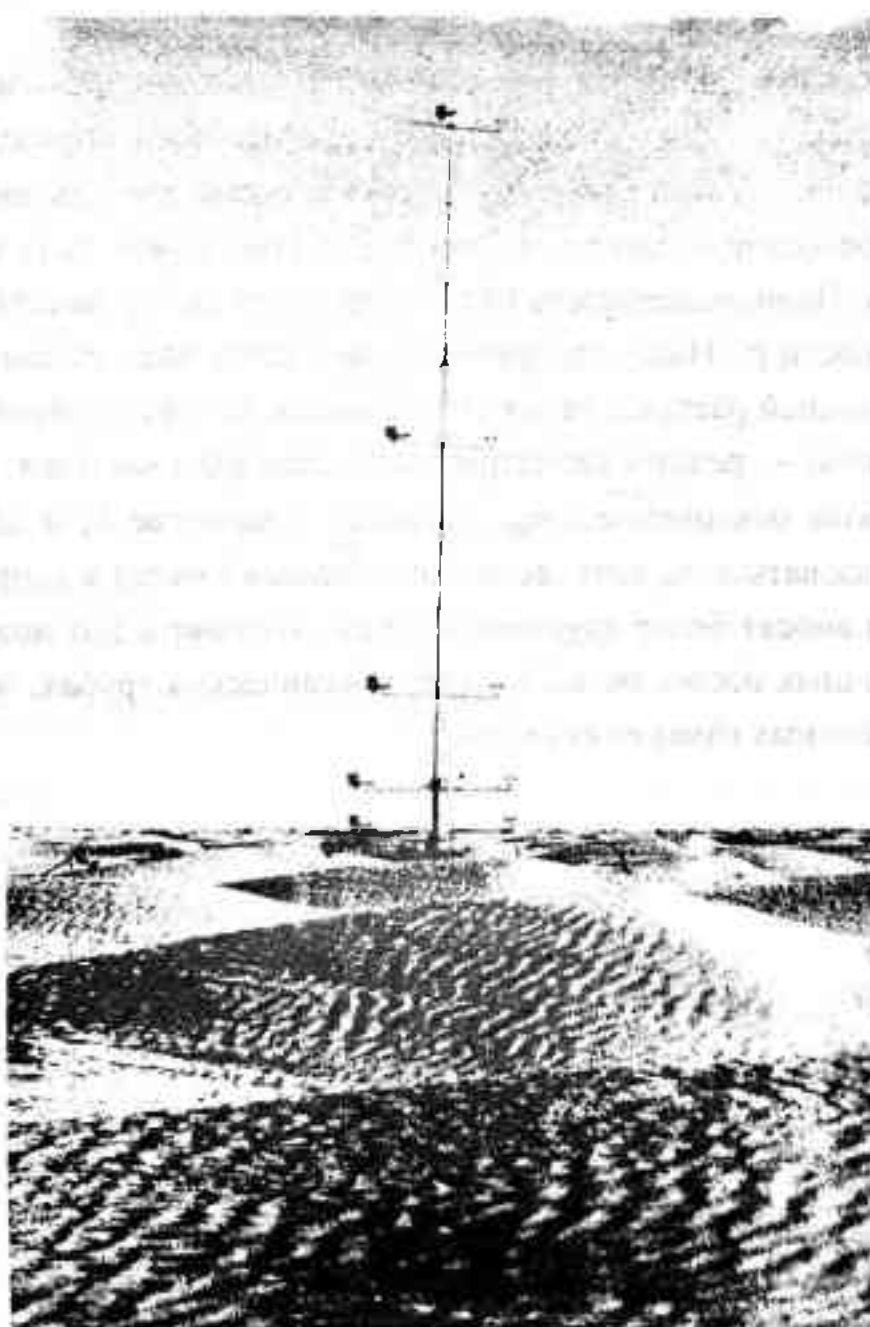


Рис. 1. Мачта для градиентных исследований песчаных бурь.

На новых осушенных поверхностях в эти годы образовались большие площади подвижных песков, на поверхности которых быстро шло образование мелкобарханных гряловых песков – барханных цепей. Высота барханов в первые годы была менее 0,5 м. С годами шел процесс их роста и к концу 90-х годов они достигали уже высоты около метра. На окраинах массивов, там, где пески наступали на закрепленные поверхности, отдельные барханы стали уже высотой до 2...5 м.

Измерения в эти годы проводились только в системе мелкобарханных песков с высотой менее метра. Мачты устанавливались в межбарханных понижениях. Поэтому полученные далее результаты следует относить лишь к этим типам песчаных поверхностей – редким хорошо обтекаемым достаточно строго регулярным неровностям с отношением  $h_s/\lambda$  порядка 0,05...0,08.

Реальный подвижный песок является полидисперсным. Его дисперсный состав хорошо описывается логарифмически нормальным распределением частиц по размерам. У песка с очень длительной историей золотого переноса функция распределения частиц может быть и нормальной (Гаусса). Полидисперсность песка затрудняет выбор высоты неровностей поверхности  $h_s$ . Наши измерения проводились над песками с логнормальной функцией распределения его размеров, которая описывается двумя параметрами – средним геометрическим размером частиц  $x_0$  и средним квадратическим отклонением  $\sigma_{lgx}$ . Поэтому в качестве  $h_s$  в дальнейшем будет использоваться  $x_0$ , хотя, возможно, больший вклад в сопротивление поверхности вносят более крупные частицы. Выяснить это можно только при более точных исследованиях в аэродинамических трубах, чем при полевых градиентных измерениях ветра [13].

Анализ накопленных материалов экспедиционных измерений на Арале подтвердил большой интервал изменений  $z_0$  и его значительную вариацию при ветровом переносе песка. На рис. 2 показана обобщенная зависимость параметра шероховатости от динамической скорости потока по результатам измерений 1980 – 1998 годов. Видно, что при одном и том же значении  $u_*$   $z_0$  может изменяться на порядок величины. Одновременно хорошо заметен рост  $z_0$  на 4 порядка величины при возрастании динамической скорости от критической (пороговой, при которой начинается перенос)  $u_{*к} = 0,15$  м/с до 0,9 м/с.

Очевидно, что значительное рассеяние значений  $z_0$  объясняется многофакторным характером природного процесса ветрового переноса

песка, из которого мы выделили лишь один – скорость ветра. Аналогичные зависимости  $z_0 = f(u_*)$  для отдельных бурь имеют существенно меньшее рассеяние. Обобщенные зависимости за отдельные годы экспедиционных измерений то же имеют более тесный характер [10, 12, 13]. Поэтому, несмотря на значительное рассеяние экспериментальных данных, можно вполне определенно говорить о зависимости  $z_0$  от  $u_*$ . Полученные ранее [11] результаты определения  $z_0$  при бурях в другом географическом районе так же хорошо укладывается на поле экспериментальных точек рис. 2. Это говорит об универсальном характере полученной зависимости.

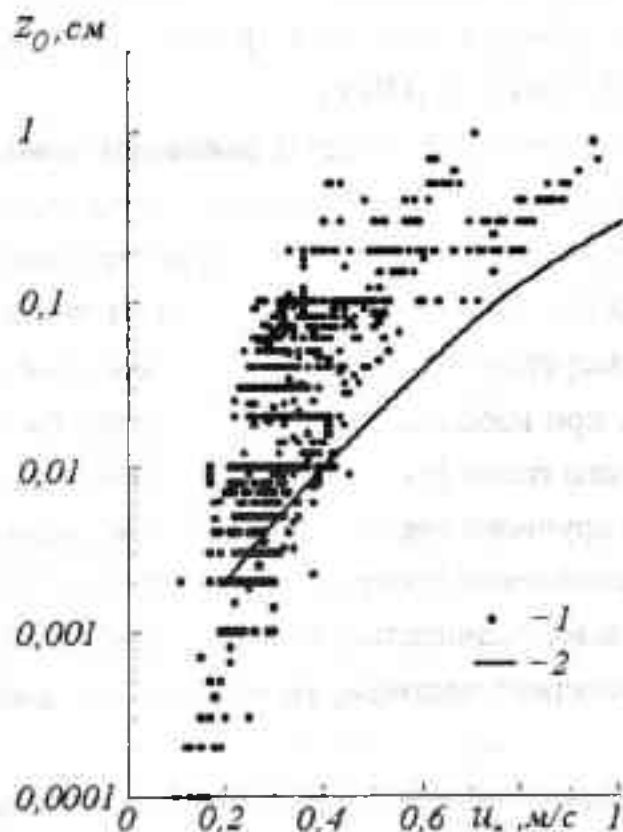


Рис. 2. Обобщенная зависимость параметра шероховатости от динамической скорости потока по результатам экспедиций 1980 – 1998 гг. 1 – данные измерений; 2 – результаты расчетов Бютнер.

Измерения проводились на песках различной крупности. Большинство их выполнено над мелким песком  $x_0 \in [90, 120]$  мкм. В 1980 и 1981 годах песок был значительно крупнее -  $x_0 = 220$  мкм и  $x_0 = 270$  мкм соответственно. Результаты этих двух лет на рис. 2 располагаются в нижней части поля зависимости  $z_0 = f(u_*)$ , т.е. заметно влияние размеров частиц на величину  $z_0$ .

Во время переноса песка форма и размер золотой ряби и барханных цепей меняются незначительно, тогда как величина  $z_0$  изменяется на несколько порядков. Поэтому установить простое соотношение между

геометрическими размерами медленно перемещающихся поверхностных волн на песке и параметром шероховатости не удалось. Значит не форма и размер препятствий играют основную роль в формировании сопротивления, а потери энергии на перенос частиц твердой фазы потока.

Очень малая величина  $z_0$  ( $10^{-4}$  см) при слабых процессах выветривания и независимость величины параметра шероховатости от размеров рифелей можно объяснить тем, что в этих условиях наблюдается режим их гладкого обтекания потоком, и её сопротивление полностью определяется размером частиц песка. Для начальных условий переноса  $z_0$ , оказывается, приблизительно равен  $1/30$  средних геометрических размеров частиц песка ( $x_0 \approx 10^{-2}$  см)  $z_0 \approx 1/30 x_0$ .

Бютнер [2] при решении задач о движении монодисперсных частиц путем сальтации получила зависимость  $z_0 = f(u_*)$ , которая приведена на рис. 2. При получении зависимости она учла потерю энергии среднего движения на её диссипацию в тепло при обтекании частиц и затраты на их разгон. Её кривая согласуется с эмпирическими данными для мелкого песка ( $x_0 \leq 130$  мкм) лишь при небольших скоростях ветра ( $u_* < 0,4$  м/с) и лучше для наиболее крупного песка ( $x_0 = 220 \dots 270$  мкм), (выше говорилось, что точки на рис. 1 для крупного песка располагаются в нижней части поля зависимости). Это расхождение с экспериментом легко объяснимо: на мелком песке, кроме сальтации значительную долю переносимого ветром песка, при  $u_* > 0,4$  м/с составляют частицы, участвующие в диффузионном турбулентном движении.

Потери энергии среднего движения на разгон сальтирующих частиц и поток массы путем диффузии тем больше, чем больше частиц вовлечено в движение, т.е. зависят от расхода массы твердой фазы  $Q$ . На рис. 3 приведена зависимость  $z_0$  от общего расхода песка в приземном слое атмосферы  $Q_h$ . Общий расход песка измерялся и рассчитывался за большие интервалы времени, методика получения которого изложена в [13]. Поэтому и  $z_0$  был рассчитан для этих же промежутков времени путем осреднения измеренных профилей скорости ветра. Для поиска зависимости  $z_0 = f(Q_h)$  значения  $Q_h$  нормировались на минимально полученный при измерениях расход песка  $Q_{h \min}$ .

Приведенная на рис. 3 зависимость  $z_0$  от  $Q_h/Q_{h \min}$  во время ветрового переноса песка так же имеет статистический характер. Её можно аппроксимировать линейной зависимостью

$$z_0 = \frac{1}{30} x_0 \frac{Q_h}{Q_{h \min}}, \quad \text{для } Q_{h \min} > 0, \quad (2)$$

где  $x_0$  – средний геометрический размер песчинок, см. На рис. 3 проведены линии зависимостей для частиц размером 100 и 200 мкм, рассчитанные по формуле (2). На практике использовать уравнение (2) сложно из-за отсутствия данных о твердом расходе песка  $Q_h$  и  $Q_{h \min}$ , так как при численном моделировании бурь эти параметры являются, как правило, конечным результатом расчета.

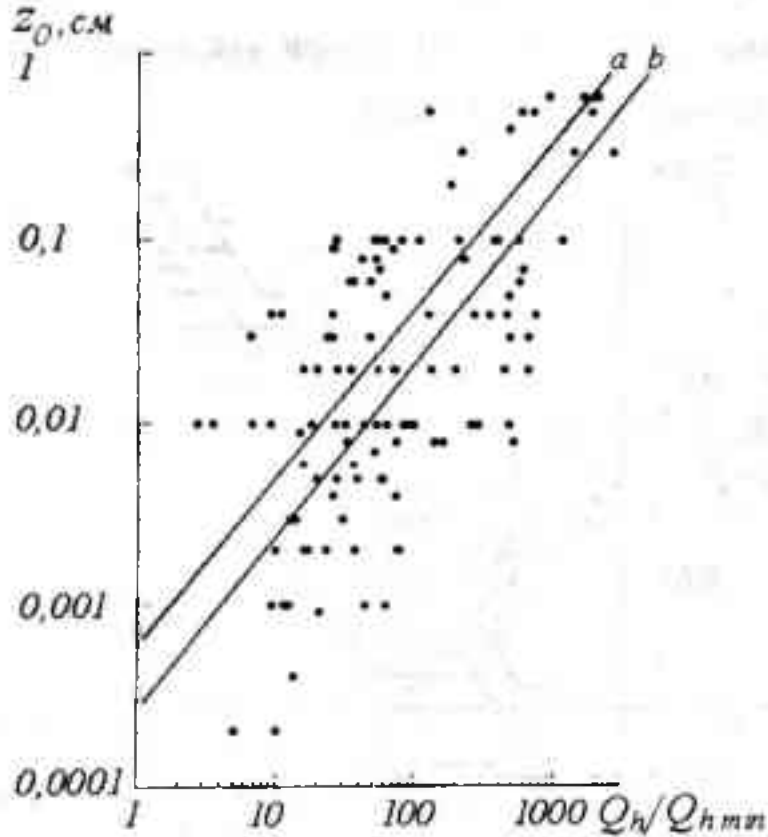


Рис. 3. Зависимость  $z_0$  от отношения  $Q_h/Q_{h \min}$ .  $a$  и  $b$  – кривые рассчитанные по формуле (2) для  $x_0$  200 и 100 мкм соответственно.

Наиболее тесную корреляционную связь удалось получить между  $z_0$  и безразмерным аналогом числа Фруда  $Fr_* = u_*^2 / (g x_0)$ , в котором скорость потока заменена на динамическую скорость  $u_*$ . На рис. 4 показана полученная зависимость  $z_0 = f(Fr_*)$ . Она аппроксимируется следующим выражением

$$z_0 = \frac{1}{30} x_0 Fr_*^2 = 3 \cdot 10^{-4} \left( \frac{u_*^2}{g \cdot x_0} \right)^2. \quad (3)$$

Формула (3) удобна для использования в практических расчетах, так как при вычислениях скорость ветра (или  $u_*$ ) и  $x_0$  являются исходными пара-

метрами. Свасек и Тервиндт, приводят результаты градиентных измерений над прибрежными пляжами, сложенными крупным песком. Средний размер частиц у них достигал 250 мкм [17]. Они приводят значения  $z_0$  и динамической скорости:  $z_0 = 0,03$  см для  $u_* = 0,48$  м/с и  $z_0 = 2$  см при  $u_* = 1,41$  м/с для условий ветрового переноса частиц. Значения числа  $Fr_*$  для этих параметров равны, соответственно, 94 и 811. Эта пара значений  $z_0$  и  $Fr_*$  хорошо попадают на поле точек зависимости  $z_0 = f(Fr_*)$  рис. 4. На нём проведены две кривые для крупного (а) и мелкого (б) песка, которые удовлетворительно описывают рост  $z_0$  при увеличении  $u_*$  для средних статистических условий переноса песка.

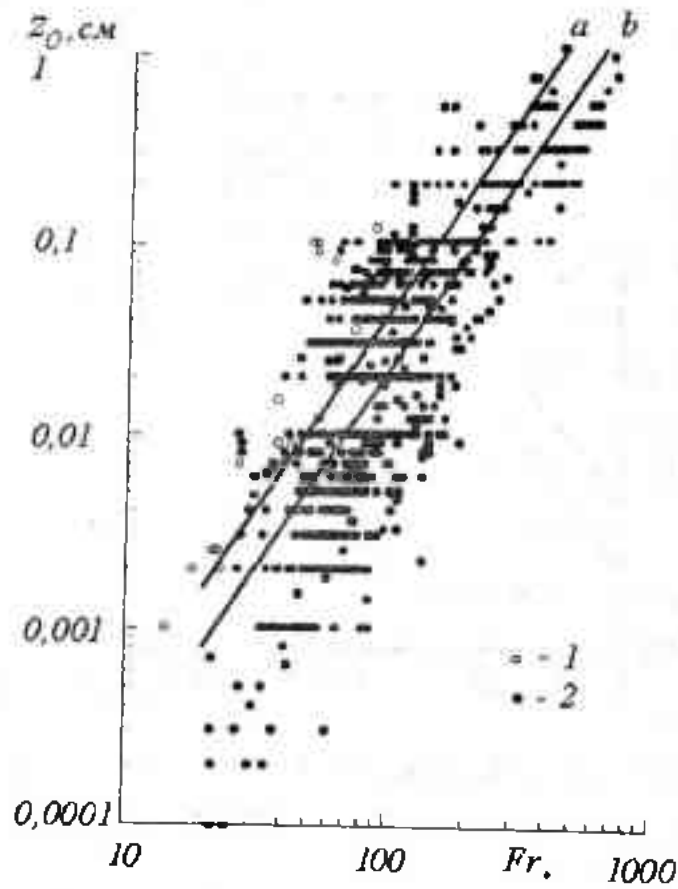


Рис. 4. Зависимость параметра шероховатости от безразмерного аналога числа Фруда ( $Fr_* = u_*^2 / (g \cdot x_0)$ ): 1 – мелкий песок  $x_0 \in [98, 120]$  мкм; 2 – крупный песок  $x_0 \in [220, 270]$  мкм; а и б – кривые рассчитанные по формуле  $z_0 = 3 \cdot 10^{-4} x_0 (Fr_*)^2$  для  $x_0$  200 и 100 мкм соответственно.

Как известно, в расчетах и прогностических схемах часто используется не параметр шероховатости, а коэффициент сопротивления поверхности  $C_f(1)$ . Из литературных источников неизвестны случаи определения  $C_f$  для песчаных поверхностей при песчаных бурях. Поэтому оценка его величины и поведения при изменении скорости ветра представляется ис-



ключительно интересной и важной для развития численных методов расчетов характеристик атмосферы и прогноза поля ветра над пустынями. На рис. 5 и 6 приведены эмпирические данные о зависимостях  $C_f$  на уровне 9 м от скорости ветра на этой высоте и от динамической скорости потока. Диапазон значений  $C_f$  ( $z = 9$  м) изменяется от  $5 \cdot 10^{-4}$  до  $3,5 \cdot 10^{-3}$ , увеличиваясь с ростом скорости ветра. Значения  $C_f$  при переносе песка соответствуют режиму гладкого и промежуточного взаимодействия воздушного потока с поверхностью. Оценка аэродинамического качества песчаной поверхности через число Рейнольдса  $\bar{Re}_s = \frac{h_* u_*}{\nu} = \frac{x_0 u_*}{\nu}$  также это подтверждает.

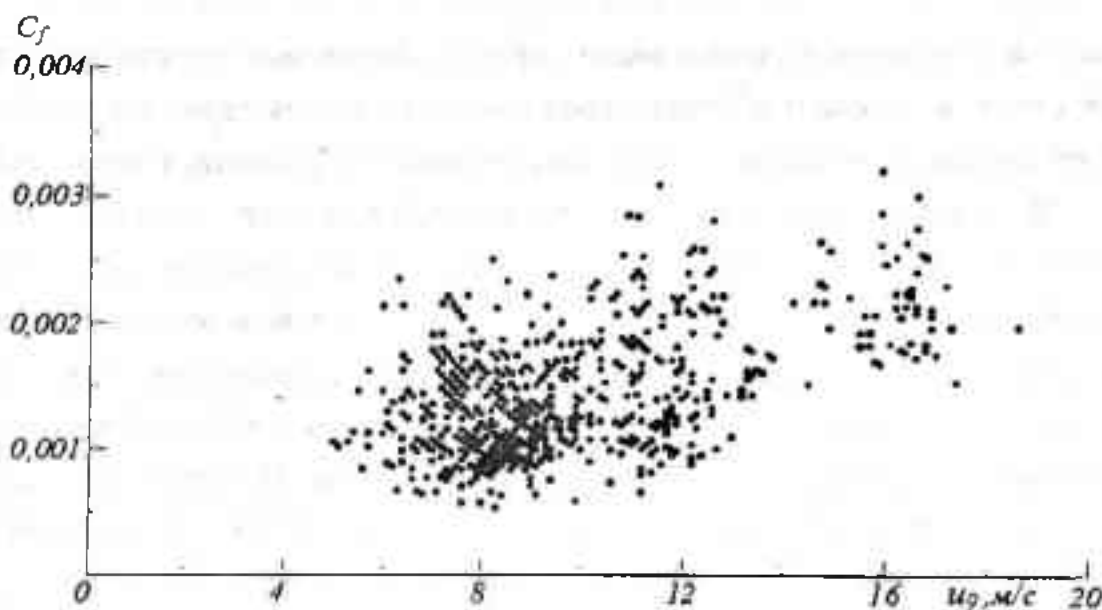


Рис. 5. Зависимость коэффициента сопротивления песчаной поверхности  $C_f$  от скорости ветра на высоте 9 м при переносе песка.

На мелком песке  $Re_s$  был меньше 2 примерно в 1/4 числа случаев измерений и в остальных - не превышал 10, т.е. наблюдался как режим гладкого, так и промежуточного обтекания. Для крупного песка ( $x_0 > 200$  мкм) число  $Re_s$  изменялось от 3 . . 4 до 10, т.е. наблюдался промежуточный режим взаимодействия. Таким образом, вплоть до скорости ветра 20 м/с ( $u_* \cong 0,9$  м/с) при переносе песка режим полностью развитого шероховатого взаимодействия потока с поверхностью не был достигнут.

Зависимость  $C_f$  от  $u_9$  имеет большее рассеяние точек, чем от  $u_*$ . Как видим, изменения параметра шероховатости  $z_0$  песчаной поверхности с ростом скорости потока более чем на три порядка приводят к значительно меньшим изменениям  $C_f$ . Значения  $C_f$  и  $z_0$  над песчаной подвергающейся

дефляции поверхностью близки по величине к аналогичным параметрам взволнованной морской поверхности [2-5, 8].

Хотя механизм формирования волновых форм песчаных поверхностей и морских волн различен, но в физике их воздействия на поток воздуха над ними, по-видимому, имеется много общего. Ветер создает на обеих поверхностях обтекаемые редкие препятствия (к-типа по гидродинамической классификации [2]), которые обеспечивают минимальные потери кинетической энергии атмосферы. Обе поверхности (и песчаная и водная) даже при больших скоростях ветра не достигают режима полностью шероховатого взаимодействия с потоком воздуха. В ветровом потоке возле границы раздела всегда существуют волны. Поэтому движущийся воздух создает на пластичной поверхности хорошо обтекаемые редкие волновые препятствия, которые и обеспечивают минимальные потери кинетической энергии среднего движения потока на создание турбулентных движений.

В нестационарных условиях воздушный поток при спаде или росте скорости ветра обуславливают перестройку золотых форм рельефа. Такие периоды трансформации поверхности всегда сопровождаются дополнительными потерями энергии среднего движения на генерацию турбулентной энергии, что вызывает увеличение концентрации частиц песка в потоке. Это явление по визуальным наблюдениям отмечают многие исследователи пустынь. Хорошо известно это и гидрологам. Мутность водного потока всегда уменьшается после образования самоотмостки русла водотока.

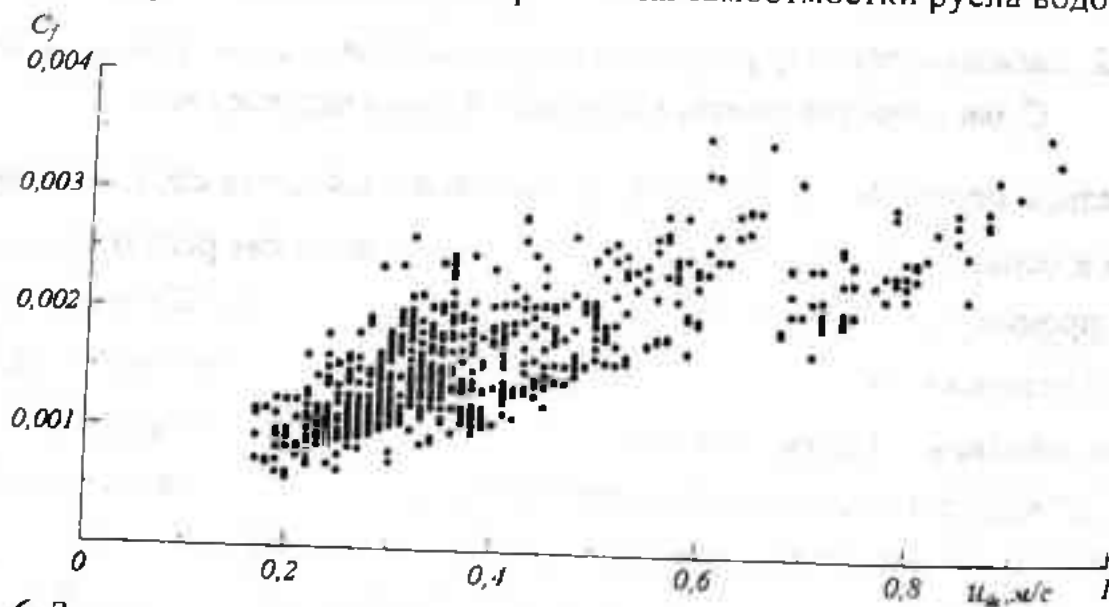


Рис. 6. Зависимость коэффициента сопротивления песчаной поверхности  $C_f$  на высоте 9 м от динамической скорости потока  $u_0$  при ветровом переносе песка.

Приспособление поверхности к изменяющейся скорости ветра является одной из многих неучтенных нами причин разброса эмпирических

зависимостей  $z_0$  и  $C_f$ . Над морской поверхностью этот процесс ещё более сложен из-за большой инертности автоколебательного движения значительных масс воды [4, 5, 8].

Наши результаты, показывающие возрастание коэффициента сопротивления и параметра шероховатости песчаной поверхности с ростом скорости ветра при песчаных бурях и поземках, выделяют её из разряда привычных нам представлений о твердых поверхностях и постоянстве их параметров. При переносе песка ветром нельзя рассматривать  $z_0$  как внешний параметр потока, а следует определять его из соотношений

$$z_0 = \begin{cases} \frac{1}{30} x_0 & \text{при } u_* < u_{*k}, \\ \frac{1}{30} x_0 \frac{Q_h}{Q_{hmin}} & \text{при } u_* > u_{*k}, \\ \frac{1}{30} x_0 \left( \frac{u_*^2}{g x_0} \right)^2 & \text{при } u_* > u_{*k}. \end{cases}$$

где  $u_{*k}$  - критическое значение, при котором начинается процесс перемещения частиц.

Результаты наших эмпирических исследований охватывают лишь один мелкобарханный тип песчаной поверхности, покрытый золотой рябью. Совершенно неизученными остаются другие пустынные поверхности: состоящие из крупных барханов; заросших грядовых песков. Необходимо также провести тщательные лабораторные исследования по изучению обтекания потоком рифелей. Этот процесс остается невыясненным, так как полевые градиентные измерения, очевидно, недостаточно точны для этого.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельгибаев М.Е., Семенов О.Е. Некоторые данные по изучению ветровой ряби в аэродинамических трубах // Геоморфология. - 1972. - №3. - С. 36 - 43.
2. Бютнер Э.К. Динамика приповерхностного слоя воздуха. - Л. Гидрометеиздат, 1978. - 157 с.
3. Бютнер Э.К., Вагер Б.Г., Утина З.М. Влияние рельефа на профиль скорости ветра // Тр. ГГО. - 1972. - Вып. 276. - С. 168 - 177.
4. Зилитинкевич С.С. Динамика пограничного слоя атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 291 с.
5. Китайгородский С.А. Физика взаимодействия атмосферы и океана. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 284 с.
6. Лайхтман Д.Л. Физика пограничного слоя атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 341 с.
7. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. Механика турбулентности. Часть I. - М.: Наука, 1963. - 639 с.

8. Процессы переноса вблизи поверхности раздела океан – атмосфера / Р.С. Бортковский, Э.К. Бютнер, С.П. Малевский-Малевиц, Л.Ю. Преображенский. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 239 с.
9. Семенов О.Е. Волновые формы рельефа на сыпучей деятельной поверхности, подвергающейся дефляции, и их свойства // Тр. КазНИГМИ. – 1972. - Вып. 49. – С. 42 – 54.
10. Семенов О.Е. Об ускорении потока во время сильных песчаных и пылевых бурь // Гидрометеорология и экология. - 2000. - №3 - 4. – С. 23 - 48.
11. Семенов О.Е. Экспериментальные исследования кинематики и динамики пыльных бурь и поземков // Тр. КазНИГМИ. - 1972. - Вып.49.-С. 3 - 31.
12. Семенов О.Е. Экспериментальные исследования вертикальных профилей скорости ветра при песчаных бурях // Гидрометеорология и экология. - 1998. - №1-2. – С. 68 - 78.
13. Семенов О.Е., Шапов А.П., Каипов И.В. Песчано-солевые бури в Приаралье// Гидрометеорологические проблемы Приаралья. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – с. 132 – 233.
14. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1969. – 742 с.
15. Bagnold R.A. The physics of blown sand and desert dunes. - London: Methuen, 1954. - 265 p.
16. Byrne R. Aerodynamic roughness criteria in aeolian sand transport // J. Geophys. Res. – 1968. - vol. 25. – №3. – P. 292 – 321.
17. Svasek J.N., Terwindt J.H.J. Measurements of sand transport by wind on a natural beach // J. Sedimentology. – 1974. – vol.21. – p. 311 – 322.

Казахский научно исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

## БОРАН КЕЗІНДЕГІ ҚОЗҒАЛМАЛЫ ҚҰМ БЕТІНІҢ КЕДЕРГІСІ

Физ.-мат. ғылымд. канд.

О.Е. Семенов

*Құмды борандар кезінде жасалған есептеулер бойынша құмды жер бетінің  $C_f$  және  $z_0$  кедір-бұдырлық, коэффициенттері алынған.  $C_f$  желдің 6 және 18 м/с аралығындағы жылдамдығымен құмның 0,001-ден 0,003-ке дейін желмен айдалуы кезінде, ал  $z_0$  —  $3 \cdot 10^{-4}$  -тен 1 см-ге дейін өседі.  $C_f$  және  $z_0$  көлемі бойынша құмды қозғалмалы жер беттері аралық қасиетті беттерге жатады және өз қасиеттері бойынша қозғалған теңіз бетіне жақын болып табылады.  $z_0$ -дің  $x_0$  бөлшектері көлеміне және*

$z_0 = 3 \cdot 10^{-4} x_0 \left( \frac{u^2}{gx_0} \right)^2$  Фруд санына тәуелділігі алынған. Бұл ерек-

*шеліктер қозғалмалы құмды жер бетін құмның бекітілген бөлшектері үшін Никурадзе тапқан заңдылықтардан қатты ерекшелендіреді.*

УДК 551.558 (574)

**К ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА В РАЙОНЕ  
ЩУЧИНСКО-БОРОВСКОЙ КУРОРТНОЙ ЗОНЫ**

Канд. геогр. наук

С.А. Долгих

А.В. Чередниченко

*Оценены современные тенденции в ходе температуры приземного воздуха и количества осадков в районе Щучинско-Боровской курортной зоны. Рассмотрены различные сценарии возможного изменения климата в будущем. При этом использовались результаты расчетов по различным моделям ОЦА, а также инкрементальные сценарии. Выполнен анализ уязвимости условий увлажнения исследуемого района при различных сценариях изменения климата.*

Климат и его возможные изменения в ближайшем и отдаленном будущем является важнейшей проблемой для человечества. Естественно, что ей уделяется большое внимание учеными всего мира. Согласно оценке Межправительственной Группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), с 1750 года концентрация диоксида углерода в атмосфере увеличилась на 31 %, в глобальном масштабе 1990-ые годы были самым теплым десятилетием, а 1998 год – самым теплым за время инструментальных наблюдений с 1861 года [13]. Реконструкция климата за последние 1000 лет, а также модельные оценки естественной изменчивости климата дают основание предполагать, что наблюдаемое в течение последних ста лет потепление маловероятно полностью носило естественный характер. Кроме того, исследования по обнаружению изменения климата и выявлению его природы подтвердили очевидность антропогенного сигнала в климатических данных за последние 35-50 лет. Потенциал глобального потепления с 1990 г. по 2100 г. по оценкам МГЭИК составляет 1,4-5,8 °С.

Проблемой изменения климата над Северным полушарием, Средней Азией и Казахстаном занимались многие авторы [1-4, 6-9, 12 и др]. Методика анализа к настоящему времени уже хорошо отработана, и мы на ней останавливаться не будем.

Северный Казахстан является основным сельскохозяйственным районом нашей Республики. Здесь выращиваются зерновые и бобовые

культуры, широко развито животноводство. Северный Казахстан является также и рекреационной зоной. Чистые озера, окруженные невысокими красивыми горами, поросшими лесом, в сочетании с благоприятными климатическими условиями, по крайней мере в теплую часть года, делают этот регион чрезвычайно привлекательным местом для отдыха и туризма.

Поэтому представляет интерес рассмотреть, что произойдет с этим регионом при разных сценариях будущего климата. В данной работе рассмотрены уже имеющиеся данные изменения климата в районе Щучинско-Боровской курортной зоны и оценены дальнейшие возможные трансформирование до 2050 г на основе многолетнего хода температуры и осадков на станциях региона, трендов этого хода и сравнения с прогностическими данными по моделям Общей Циркуляции Атмосферы (ОЦА). Обнаруженные нами изменения увязаны с увеличением температуры и уменьшением осадков на территории Казахстана и всего Северного полушария, которые обнаружены современными исследованиями, в т.ч. по моделям ОЦА. Естественно, что наши данные должны удовлетворительно согласовываться с такими крупномасштабными и глобальными изменениями климата.

Климат данной территории является континентальным и характеризуется большими амплитудами температуры, влажности и других метеорологических элементов как в их суточном, так и в годовом ходе. В табл. 1 приведены данные для трех метеорологических станций, которые наиболее близко расположены к Щучинско-Боровской курортной зоне. Средняя месячная температура воздуха самого теплого месяца – июля, составляет 18,0 . . . 20,5 °С, а самого холодного – января, соответственно, минус 16,0 . . . 19,0 °С. Годовая амплитуда средних месячных температур воздуха равна 34,0 . . . 39,5 °С.

Таблица 1

Средняя месячная и годовая температура воздуха (°С),  
период 1951 . . . 80 гг.

Станция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Володарское	-16,9	-16,1	-9,4	3,3	12,0	17,0	18,7	16,2	10,9	1,9	-7,5	-14,0	1,3
Кокчетав	-16,1	-15,5	-9,3	3,2	12,2	17,6	19,6	17,0	11,4	2,7	-6,7	-13,7	1,9
Щучинск	-17,1	-16,1	-9,6	3,1	11,4	16,7	18,4	15,7	10,4	1,5	-7,9	-14,4	1,0

В отдельные жаркие дни температура воздуха повышается до 39 . . . 42 °С (абсолютный максимум), а в очень суровые зимы на равных

открытых местах понижается до минус 52. . . 54 °С, в пониженных частях рельефа до минус 54 . . . 56 °С (абсолютный минимум). Абсолютная годовая амплитуда составляет 91. . . 96 °С. В годовом ходе средние месячные отклонения температуры воздуха имеют максимум в зимний период, достигая 3,8 . . . 3,9 °С. Летом же эти величины составляют 1,5. . . 1,6 °С. Это указывает на большую неустойчивость зимних температур и относительно высокую стабильность летних температур.

В зимний период данная территория находится под влиянием мощного западного отрога сибирского антициклона, который приносит ясную погоду с устойчивыми морозами, наблюдающуюся в течение 70 % всех дней зимнего периода. Осадков в это время выпадает мало. Устойчивый снежный покров держится около 5 месяцев, однако, высота его даже в период максимального накопления не превышает 20. . . 35 см. Ввиду маломощности снежного покрова почва в среднем промерзает до 1,5 м, а в отдельные годы до 2,5 м.

В отличие от равнинных областей Северного Казахстана, существенное влияние на климат данной территории оказывает сильно расчлененный мелкосопочный рельеф [10]. Пересеченный рельеф территории способствует выпадению повышенного количества осадков по сравнению с равниной и обеспечивает более их равномерное внутригодовое распределение (табл. 2). Засухи здесь реже и менее интенсивны, чем на окружающих их равнинах. Наибольшее количество осадков выпадает на склонах западной экспозиции, наименьшее – на восточных. При юго-западных ветрах на подветренных склонах мелкосопочника развивается мощный фоновый воздушный поток и происходит резкое иссушение воздуха.

Таблица 2

Месячное и годовое количество осадков (мм), период 1951. . . 1980 гг.

Станция	Месяц														Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	11-3	4-10	
Володарское	15	12	14	23	35	49	66	50	35	38	26	19	86	296	382
Кокчетав	13	9	10	17	32	45	63	44	27	22	16	12	60	250	310
Щучинск	12	9	12	20	34	46	68	53	28	28	16	13	62	277	339

На исследуемой территории выпадает до 350 мм осадков в год, а на юго-востоке лишь около 250 мм. Максимум осадков приходится на теплый период (апрель-октябрь). За это время выпадает 70 . . . 80 % годовой нормы. Такое распределение осадков является характерным признаком континентальности климата. В летний период территория области нахо-

дится под влиянием континентального воздуха, трансформирующегося из циклонов арктических масс, а также циклонов, приходящих со стороны Атлантического океана, которые играют большую роль в образовании осадков. В аномально влажные годы количество выпадающих осадков может почти в два раза превышать средние многолетние величины, а в аномально засушливые годы – составлять 60. . . 70% от этих величин.

Продолжительность теплого периода с температурой выше  $0^{\circ}\text{C}$  составляет в среднем 195 дней. Безморозный период на открытых ровных местах бывает 100. . . 125 дней, а в холодных частях микрорельефа сокращается до 85. . . 100 дней. Неблагоприятными для сельского хозяйства климатическими факторами на территории области являются поздние весенние и ранние осенние заморозки, суровые условия перезимовки, неравномерное выпадение осадков, засухи и суховеи.

Анализ многолетних тенденций изменения климата, а именно температуры приземного воздуха и количества осадков, проводился по данным наблюдений метеорологических станций Володарское, Кокчетав и Щучинск за период с 1936 г. по 1997 г. Анализировались параметры линейного тренда во временном ходе месячных и годовых температур воздуха и сумм осадков, который характеризует изменение среднего уровня этих метеорологических величин [11].

#### Температура.

Временной ход средних многолетних годовых температур воздуха по перечисленным станциям приведен на рис. 1. Можно видеть, что для всех станций характерен положительный тренд температуры, составляющий для М Володарское  $0,17$ , для М Кокчетав –  $0,22$  и для М Щучинск –  $0,01^{\circ}\text{C}$  за 10 лет. Анализ параметров линейного тренда показал статистическую значимость наблюдаемых тенденций в ходе годовых температур.

Рассмотрим внутригодовую структуру тренда температуры приземного воздуха. Наибольшая величина положительного тренда температуры наблюдается в зимний период в декабре и январе. Она составляет на М Володарское  $0,45. . . 0,46^{\circ}\text{C}/10$  лет, на М Кокчетав –  $0,59. . . 0,42^{\circ}\text{C}/10$  лет и на М Щучинск –  $0,37. . . 0,35^{\circ}\text{C}/10$  лет. В феврале тренды температуры незначительны. В весенние месяцы на всех трех станциях тренд температуры положителен. Максимальная и статистически значимая величина тренда в марте. На М Володарское она составила  $0,38^{\circ}\text{C}/10$  лет, на М Кокчетав –  $0,3^{\circ}\text{C}/10$  лет, на М Щучинск –  $0,21^{\circ}\text{C}/10$  лет. В остальные весенние месяцы величина тенденции составляет менее  $0,2^{\circ}\text{C}/10$  лет. В июне тенденции температуры положи-



тельны и значимы на всех станциях, наибольший тренд – на М Володарское ( $0,37\text{ }^{\circ}\text{C} / 10\text{ лет}$  в июне). В июле повышение температуры составило  $0,12\text{ }^{\circ}\text{C} / 10\text{ лет}$  . . .  $0,23\text{ }^{\circ}\text{C} / 10\text{ лет}$ .

В августе и сентябре все три станции имеют незначимый отрицательный тренд температуры. В октябре на всех станциях тенденция изменения температуры снова становится положительной, но наблюдаемый тренд в этом месяце статистически неустойчив.

Таким образом, положительный тренд средней годовой температуры приземного воздуха, имеющий место на всех трех станциях за 60-летний период, складывается из повышения температуры во все месяцы периода с октября по июль. Наиболее значительный рост температуры происходил в декабре-январе, марте и июне. Добавим, что в [9] дана карта ожидаемого изменения поля температуры над Северным полушарием. Расчеты выполнены по одной из моделей, разработанной в России. Результаты расчетов хорошо согласуются с полученными данными о наблюдаемых тенденциях. К сожалению, у нас не было возможности воспользоваться данной моделью.

#### **Осадки.**

Многолетний ряд годовых сумм осадков на рассматриваемых станциях хотя и имеет положительный тренд (рис. 2), но незначительный по величине в сравнении с межгодовой изменчивостью. Не наблюдается устойчивых тенденций и во временном ходе месячных сумм осадков – величины трендов незначительны, а знак тенденции меняется от месяца к месяцу. Совместный анализ изменений средних уровней температуры и осадков показывает, что в исследуемом регионе происходило повышение температуры приземного воздуха на фоне практически неизменного среднего уровня количества осадков. Исключение составляет период август – сентябрь, когда наблюдалось понижение температуры воздуха.

#### **Моделирование.**

Моделирование изменения климата под влиянием внешних факторов, принято называть разработкой сценариев изменения климата. Сценарии изменения климата необходимы как первый шаг при оценке уязвимости и выработке адаптационных мер для экосистем и природоёмких отраслей экономики к потенциальным изменениям климатических условий.

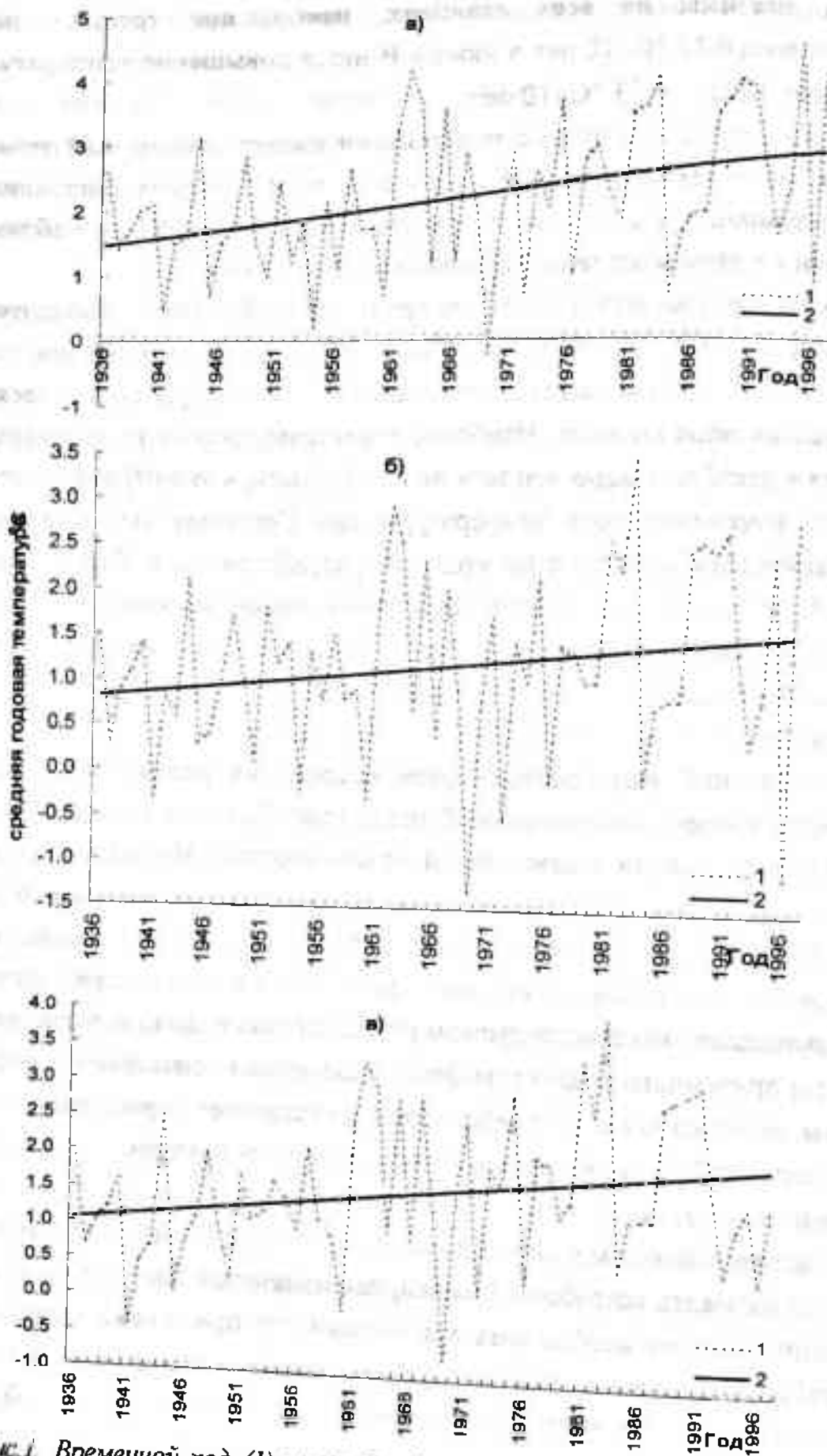


Рис. 1. Временной ход (1) и линейный тренд (2) средней годовой температуры воздуха в Щучинско-Боровской курортной зоне: а - Кокчетав; б - Щучинск; в - Володарское.

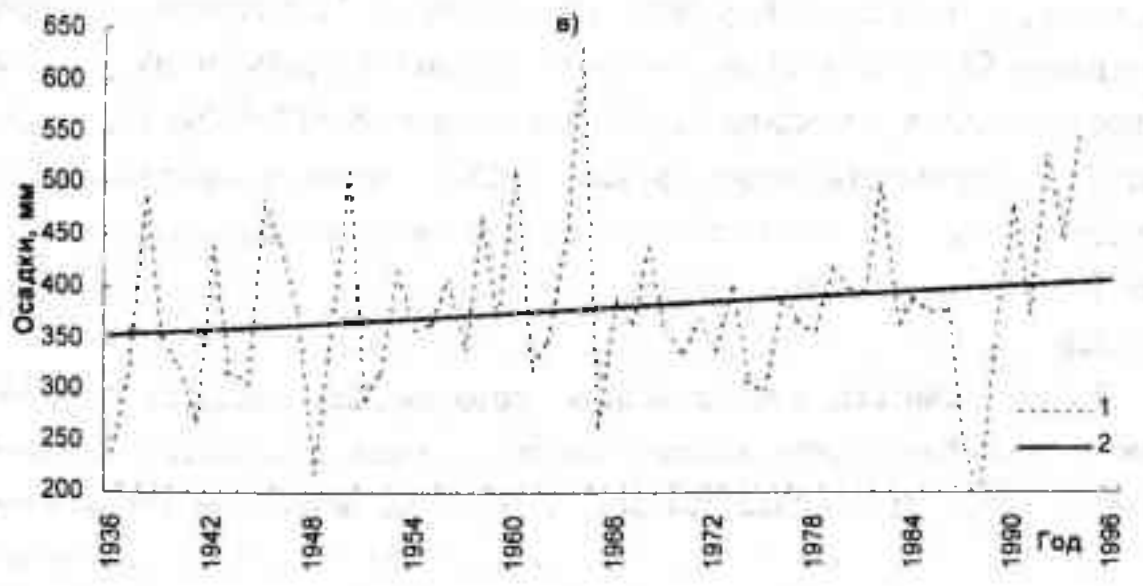
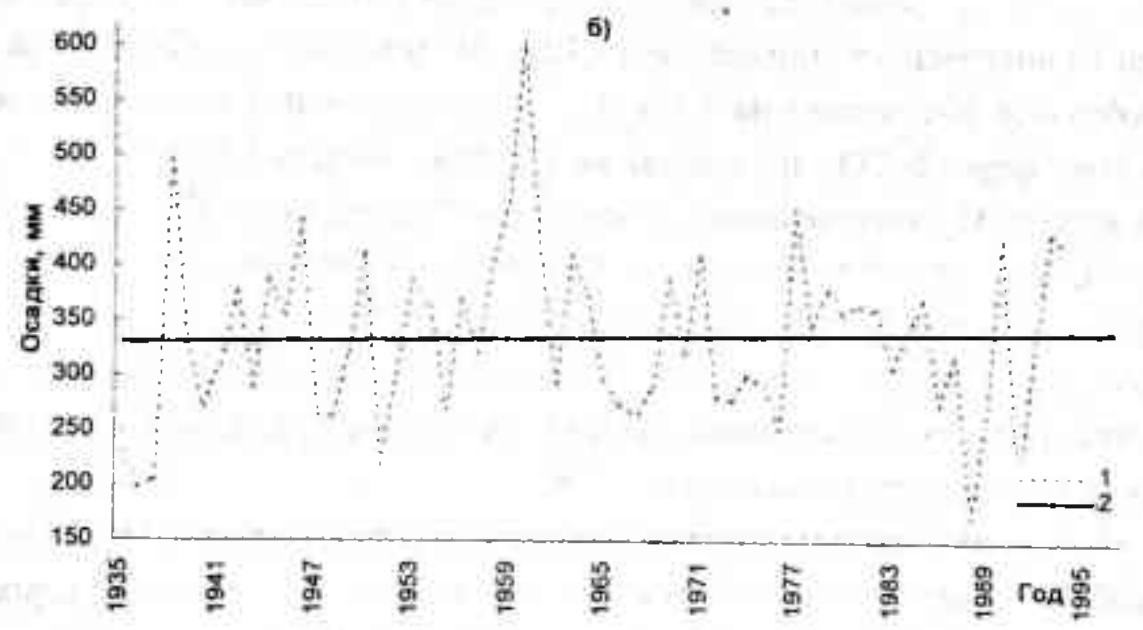
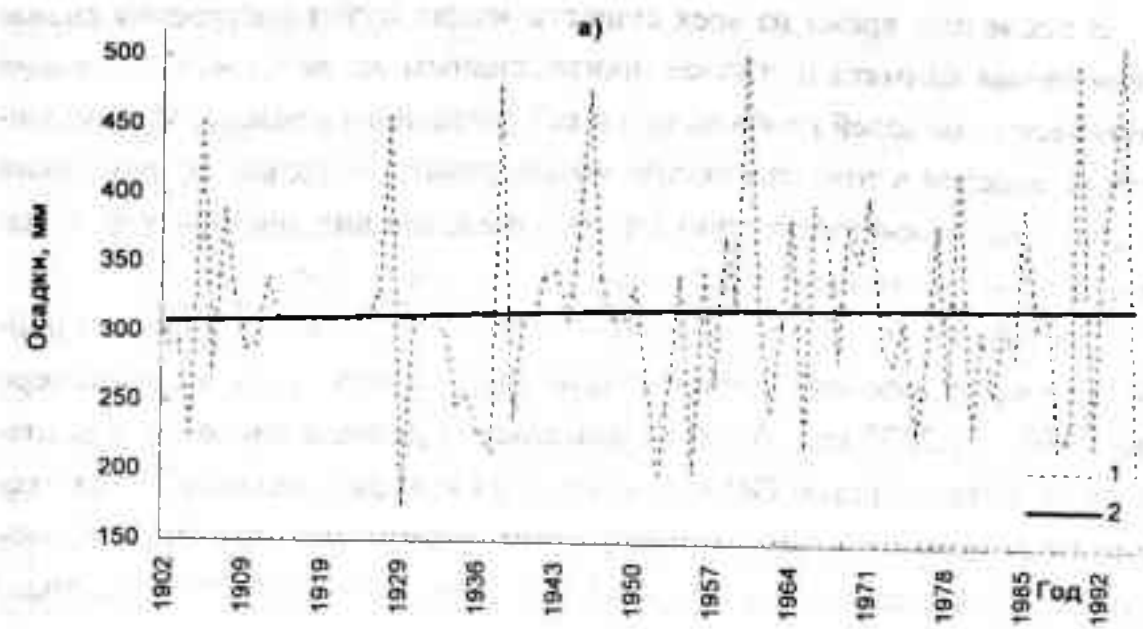


Рис. 2. Временной ход (1) и линейный тренд (2) годовых сумм осадков в Щучинско-Боровской курортной зоне: а- Кокчетав; б - Щучинск; в-Валодарское.

В последнее время из всех существующих путей построения сценариев изменения климата наиболее прогрессивным является использование математических моделей глобального и регионального климата. Преимущество таких моделей в том, что можно моделировать не только современный климат, но и возможную реакцию его на изменение внешних факторов, например, увеличение концентрации парниковых газов и аэрозоля.

Для разработки сценариев изменения климата в исследуемом районе на период удвоения концентрации углекислого газа в атмосфере (т. е. на 2050 . . . 2075 гг.), были использованы данные численных экспериментов по пяти моделям ОЦА, в каждой из которых заложена своя схема взаимодействия атмосфера – земная поверхность – океан. Это следующие модели. Равновесная модель GFDL и неравновесная (транзиентная) модель GFDL-T, разработанные в лаборатории геофизической гидродинамики Принстонского университета США. Модели GFDL и GFDL-T дают глобальное потепление на 4,0 и 3,2 °С при удвоенной концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере (2×CO<sub>2</sub>) по сравнению с 1×CO<sub>2</sub>. Модель UKMO - равновесная модель Метеорологического агентства Соединенного Королевства. Модель CCC - равновесная модель Канадского климатического центра, величина глобального потепления по моделям UKMO и CCC равна 3,5 °С. Модель GISS - равновесная модель, разработанная Годдардовским институтом космических исследований (США), ожидаемое повышение средней глобальной температуры составляет 4,2 °С.

Результаты численных экспериментов по этим моделям представляют собой данные о приземной температуре воздуха (°С) и атмосферных осадков (мм) в исследуемом районе за каждый из 12 месяцев года при концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере, соответствующей современному уровню концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере (1×CO<sub>2</sub>) и удвоенному (2×CO<sub>2</sub>). Результаты расчетов, соответствующие уровню 1×CO<sub>2</sub> являются контрольными прогонами и показывают способность моделей воспроизводить реальный климат. В качестве реальных климатических условий в модели заложены данные периода 1951 . . . 1980 гг., назовем его базовым.

Логично считать, что по модели, которая дает наиболее приближенную к реальным оценку климатических условий в исследуемом районе, можно получить и более правдоподобный сценарий изменения климата в будущем. Поэтому были рассчитаны разности между воспроизведенными моделями и фактическими многолетними данными за базовый

период по средним месячным температурам воздуха и месячным суммам осадков.

Расчеты показали, что смоделированный климат отличается от реального, а в распределении отличий между смоделированными и фактическими данными существует некоторая сезонность, которая по-разному проявляется в каждой модели [7, 9, 10]. Например, модели UKMO и CCC достаточно плохо воспроизводят температуру приземного воздуха. По модели UKMO температура воздуха оказалась значительно заниженной во все месяцы года. По модели CCC занижается температура первой половины года и завышается температура второй половины года. Модели GFDL-T, GISS и GFDL относительно хорошо моделируют средние месячные температуры воздуха, причем, если судить по сумме отклонений от фактических температур, то наилучшие результаты выдает модель GISS, затем транзиентная модель GFDL-T, и затем – равновесная модель GFDL.

Результаты моделирования современного уровня осадков следующие. Модель CCC, хотя и повторяет конфигурацию фактического годового распределения осадков (с максимумом в летние месяцы), но значительно завышает количество осадков во все месяцы года. Таким образом, по данным модели CCC климат в районе более прохладный и влажный, чем в действительности. Остальные модели завышают осадки для большинства месяцев холодного полугодия, осадки теплого полугодия, наоборот, являются заниженными. В результате, по моделям GISS и GFDL осадки имеют сглаженный годовой ход, по моделям GFDL-T и UKMO максимум осадков выпадает на весенние месяцы.

Такое качество моделирования осадков с помощью моделей общей циркуляции атмосферы объясняется тем, что современный уровень технических ресурсов не позволяет производить расчеты для более мелкой координатной сетки, что, в свою очередь, позволило бы более детально учитывать орографию и мезо-масштабные циркуляционные процессы. Эти два фактора играют ключевую роль в формировании полей осадков.

Из приведенного выше анализа, а также по результатам предыдущих исследований возможностей моделей ОЦА воспроизводить современные климатические условия для других регионов Казахстана [1, 2] следует выделить модель GISS как наилучшую для использования в данной работе. В табл. 3 приведены результаты расчета изменения температуры приземного воздуха и количества осадков по модели GISS на период 2050 . . . 2075 гг. Изменение представляет собой разность между средним уровнем темпера-

туры (или количества осадков) в прогнозируемый период и нормой температуры (или количества осадков) за период 1951 . . . 1980 гг.

Таблица 3

Изменение средней месячной температуры приземного воздуха ( $\Delta T$ , °C) и суммы осадков ( $\Delta R$ , %) рассчитанное по модели GISS

Месяц	Станция					
	Кокчетав		Щучинск		Володарское	
	$\Delta T$	$\Delta R$	$\Delta T$	$\Delta R$	$\Delta T$	$\Delta R$
1	6,9	24	6,8	17	6,9	30
2	8,4	80	8,7	88	8,3	75
3	6,2	24	6,6	19	6,1	28
4	5,4	6	5,4	8	5,4	3
5	2,3	87	2,3	97	2,4	83
6	3,2	55	3,3	77	3,2	45
7	4,1	32	4,1	47	4,2	26
8	5,0	34	4,9	35	4,9	32
9	3,2	48	3,0	69	3,4	28
10	4,8	36	4,8	36	4,7	33
11	4,2	11	4,3	12	4,2	9
12	7,4	94	7,4	111	7,2	77
Год	5,1	44	5,1	51	5,1	39

Анализ результатов моделирования изменения основных характеристик климата показывает, что в исследуемом районе ожидается значительное повышение средних месячных температур воздуха, сопровождаемое увеличением количества осадков также во все месяцы года. Повышение средней годовой температуры воздуха на всех станциях составляет 5,1 °C, годовое количество осадков увеличится на 40 %.

Необходимо также отметить более высокую чувствительность существующих моделей общей циркуляции атмосферы к увеличению концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере, чем имеет климатическая система в действительности. Поэтому к полученным сценариям следует подходить с определенной долей осторожности. Однако, для условий Казахстана сохранение тенденции к потеплению, даже не столь значительной, как предсказывают модели ОЦА, может негативно отразиться на природных ресурсах и экономике Республики.

Совместный анализ сочетания изменения температуры и осадков позволяет оценить возможные изменения условий увлажнения в данном районе. В глобальном масштабе при росте температуры ожидается увеличение количества осадков за счет возрастания испаряемости. Но в регио-

нальном масштабе последний фактор за счет значительного повышения температуры может привести к дополнительному иссушению климата.

В качестве комплексного показателя ландшафтно-экологических условий исследуемого региона в данной работе был использован коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова ( $K$ ):

$$K = X_{год} / E_{о год},$$

где  $X_{год}$  – годовая сумма осадков (мм),  $E_{о год}$  – годовая величина испаряемости (мм). Испаряемость рассчитывалась по формуле Тюрка с поправочным коэффициентом Е.Н. Вилесова [5]:

$$E_{о год} = 2,33 \cdot (300 + 25t + 0,05t^2),$$

здесь  $t$  – средняя годовая температура воздуха в °С.

Расчеты проводились для климатических условий базового периода (1951 . . . 1980 гг.), а также при смоделированном изменении температуры и осадков. Кроме того, с учетом того, что модели явно завышают увеличение температуры, сопровождающее рост концентрации  $CO_2$  в атмосфере, дополнительно коэффициент увлажнения был рассчитан для инкрементального сценария изменения средней годовой температуры воздуха – повышение температуры на 2 °С, но при различном изменении годового количества осадков: на 0 % и на 20 %. Таким образом, эти два сценария являются промежуточными по отношению к сценарию по модели GISS.

В результате получено, что при современных климатических условиях коэффициент увлажнения составляет 0,5, то есть Щученско-Боровская курортная зона находится в пограничных условиях лесостепи и степи. При сохранении наблюдавшихся тенденций изменения климата за период 1936 . . . 1997 гг., то есть повышение средней годовой температуры на 0,2 °С за 10 лет при неизменном количестве осадков (инкрементальный сценарий:  $\Delta t = 2$  °С,  $\Delta R = 40$  %), коэффициент увлажнения уменьшается до 0,4. Соотношение изменения температуры и осадков при инкрементальном сценарии, согласно которому повышение на 0,2 °С сопровождается увеличением количества осадков на 20 %, а также по сценарию модели GISS ( $\Delta t = 5$  °С,  $\Delta R = 40$  %) приводит к тому, что данное повышение температуры компенсируется соответствующим увеличением количества осадков. Таким образом, величина коэффициента увлажнения остается на современном уровне.

**Выводы.** Анализ трендов во временном ходе температуры приземного воздуха и количества осадков по данным метеорологических

станций Кокчетав, Щучинск и Володарское за период 1936 . . .1997 гг. показывает, что в данном районе устойчивый рост средней годовой температуры (около  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет), обуславливает в основном, повышением температуры в зимний период. Количество осадков как в годовом, так в месячном осреднении, практически, не изменилось.

Сценарий изменения регионального климата на период 2050 . . .2075 гг. по выбранной для данного исследования модели GISS показывает что, в Щучинско-Боровской курортной зоне следует ожидать дальнейшего повышения средней годовой температуры приземного воздуха (на  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Наиболее значительное повышение, так же как и за период 1936 . . .1995 гг., ожидается в зимние месяцы (на  $7\text{ . . . }8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Годовое количество осадков увеличится примерно на  $40\%$ , причем, за счет более существенного увеличения осадков зимнего периода. Таким образом, в период 2050-2075 гг. годовой ход температуры и осадков будет более сглаженным по сравнению с современными климатическими условиями. К результатам расчетов по моделям ОЦА следует относиться критически. Наиболее ценным результатом расчетов по моделям можно признать пока знак тенденции.

Анализ ожидаемых условий увлажнения при различных сценариях изменения климата дает основание полагать, что на начальных этапах развития глобального потепления, которое в исследуемом районе проявляется в повышении температуры воздуха при неизменном среднем уровне количества осадков, увлажненность может ухудшиться. В дальнейшем при развитии глобального потепления, согласно теории изменения глобального климата, количество осадков в средних и высоких широтах будет увеличиваться, условия увлажнения могут быть на современном уровне. Анализ уязвимости показал, что для сохранения современных условий увлажнения рост средней годовой температуры воздуха на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  должен компенсироваться  $20\%$ -ым увеличением годового количества осадков, на  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  – увеличением осадков на  $40\%$ .

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Г.В., Священников П.Н. Естественная изменчивость характеристик климата Северной полярной области и северного полушария. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 157 с.
2. Борисенков Е.П., Кондратьев К.Я. Кругооборот углерода и климат. – Л.: Гдрометеиздат, 1988. – 320 с.
3. Будыко М.И. Изменения климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 290 с.



4. Будыко М.И., Ронов А.Б., Яшкин А.Л. История атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 208 с.
5. Вилесов Е. Н., Сергеева Ю.Ю. Оценка величины испаряемости и некоторых гидроклиматических параметров в условиях природных зон равнинного Казахстана. // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы гидрометеорологии и экологии». - Алматы, 2001. - С 145–147.
6. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Структура и изменчивость наблюдаемого климата. Температура воздуха северного полушария. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 72 с.
7. Долгих С.А. Об исследованиях климата Казахстана и его изменений // Гидрометеорология и экология. – 1997. - № 1. - С. 108 – 113.
8. Изменчивость климата Средней Азии / Под редакцией Муминова Ф.А. и Инагамовой С.И. - Ташкент. - Изд-во САРНИГМИ, 1995. – 215 с.
9. Ким И.С. Короткопериодные колебания климата Средней Азии и методики прогнозирования. – Ташкент. - Изд-во. САРНИГМИ 1996. – 152 с.
10. Климат Казахстана. / Под редакцией Утешева А.С. - Л.: Гидрометеоздат, 1959г. – 366 с.
11. Лакин Г.С. Биометрия - М.: Высшая школа, 1980. – 293 с.
12. Чередниченко В.С., Тютяев А.А., Недовесов В.С., Чередниченко А.В. Особенности распределения примесей  $SO_2$ ,  $NO_x$  в воздушном бассейне города Усть-Каменогорска в зависимости от метеорологических условий // Гидрометеорология и экология. - 1997. – № 2. – С. 177 – 191.
13. Climate Change 2001. The Scientific Basis. Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I. Report. / Edited by R. Watson, J. Houghton, D. Yuhui. – New York: Cambridge University Press, 2001. – 98 p.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

## **БУРАБАЙ КУРОРТТЫҚ АЙМАҒЫНДАҒЫ КЛИМАТТЫҢ ЫҚТИМАЛ ӨЗГЕРІСТЕРІН БАҒАЛАУ ТУРАЛЫ**

Геогр. ғылымд. канд.

С.А. Долгих

А.В. Чередниченко

*Бурабай курорттық аймағындағы жер үсті ауасының температурасы мен жауын-шашын көлемінің өзгерктерінің қазіргі кезеңдегі тенденциялары бағаланған. Климаттың келешектегі ықтимал өзгерктерінің әртүрлі сценарийлері қарастырылған. Ол үшін ОЦА, әртүрлі үлгілері бойынша жасалатын есептеулердің нәтижелері және сонымен қатар инкременталдық сценарийлер қолданылды. Климат өзгеруінің әртүрлі сценарийлері жағдайындағы зерттеліп отырған аумақтың ылғалдану шарттарының осалдығы талданған.*

УДК 551.571.2/31

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА С ВЫСОТОЙ МЕСТНОСТИ

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов

*Рассматривается изменение влажности воздуха с высотой местности. Предложено универсальное выражение для расчета влажности воздуха в горных бассейнах и определены его параметры для Западного Алтая и Заилийского Алатау. Приведено описание внутригодового изменения этих параметров, позволяющее осуществлять моделирование влажности воздуха по суточным интервалам времени.*

При моделировании процесса поступления воды на поверхность бассейна в ряде случаев возникает необходимость использования дефицита влажности воздуха для расчета характеристик испарения с поверхности почвы и снега. Как известно, для определения дефицита влажности необходимо располагать сведениями об абсолютной влажности воздуха и максимальной упругости водяного пара в пределах отдельных высотных зон речного бассейна. Сведения об изменении влажности воздуха в горных бассейнах Заилийского и Джунгарского Алатау приведены в монографиях, подготовленных под руководством И.С. Соседова [6, 7] и Справочнике по климату [8].

Влажность приземного слоя воздуха обычно изменяется с высотой местности по закону, который может быть выражен функцией [1, 4, 5]:

$$e(z, t) = e(z_0, t) \exp\{-\beta(z - z_0)\}, \quad (1)$$

где  $e(z, t)$ ,  $e(z_0, t)$  - значения абсолютной влажности воздуха в гПа в момент времени  $t$  соответственно на высоте  $z$  и  $z_0$ , км;  $\beta$  - параметр.

Как показали исследования Ю.М. Денисова, для условий Средней Азии параметр  $\beta$  практически не меняется в течение года и может быть принят постоянным и равным 0,412 [4]. При использовании в бассейне нескольких метеостанций или постов с высотами  $z_0$  величина  $e(z_0, t)$  определяется с помощью следующего выражения [1, 2]:

$$e(z_0, t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e(z_{0i}, t) \exp\{-\beta(z_0 - z_{0i})\}, \quad (2)$$

где  $e(z_{0i}, t)$  - абсолютная влажность воздуха на высоте  $i$ -ой метеостанции;  $n$  - число метеостанций.

Исследования Н.Ф. Никоренко показали, что для описания процесса изменения влажности с высотой местности может быть использована температура воздуха [5]. По аэрологическим данным она получила следующую формулу для свободной атмосферы, записанной в нашей транскрипции:

$$e(z, t) = e(z_0, t) \exp\{-\beta_0\{\bar{\theta}(z_0, t) - \theta(z, t)\}\}, \quad (3)$$

где  $e(z_0, t)$  и  $e(z, t)$  - влажность воздуха в момент времени  $t$  соответственно у земной поверхности на высоте  $z_0$  км и в свободной атмосфере на высоте  $z$  км, гПа;  $\bar{\theta}(z_0, t)$ ,  $\theta(z, t)$  - температура воздуха в момент времени  $t$  соответственно у земной поверхности на высоте  $z_0$  км и в свободной атмосфере на высоте  $z$  км, °С;  $\beta_0$  - параметр.

По исследованиям Н.Ф. Никоренко параметр  $\beta_0$  мало различается для отдельных пунктов. Например, для г. Павловска он равен 0,0891. Если для горной местности получить зависимость вида (3), то ее можно использовать для определения влажности в зависимости от температуры воздуха для отдельных высотных зон речных бассейнов. В этом случае необходимо учитывать изменение параметра  $\beta_0$  в течение года. Следует отметить, что такой подход может существенно упростить решение задачи приближенного описания изменения влажности воздуха с высотой местности.

Для решения задачи моделирования рассматриваемой характеристики по суточным интервалам времени нами были использованы материал наблюдений за влажностью воздуха в горных бассейнах Западного и Северного Алтая и центральной части Северного склона Заилийского Алатау.

Для анализа и обобщения материалов наблюдений за влажностью воздуха в Горном Алтае были использованы данные наблюдений 16 метеорологических станций, расположенных на высоте от 285 м до 2600 м. Линейный характер зависимостей логарифмов средних многолетних месячных значений абсолютной влажности воздуха от высоты местности (рис. 1) подтверждает возможность её описания показательной функцией вида (1).

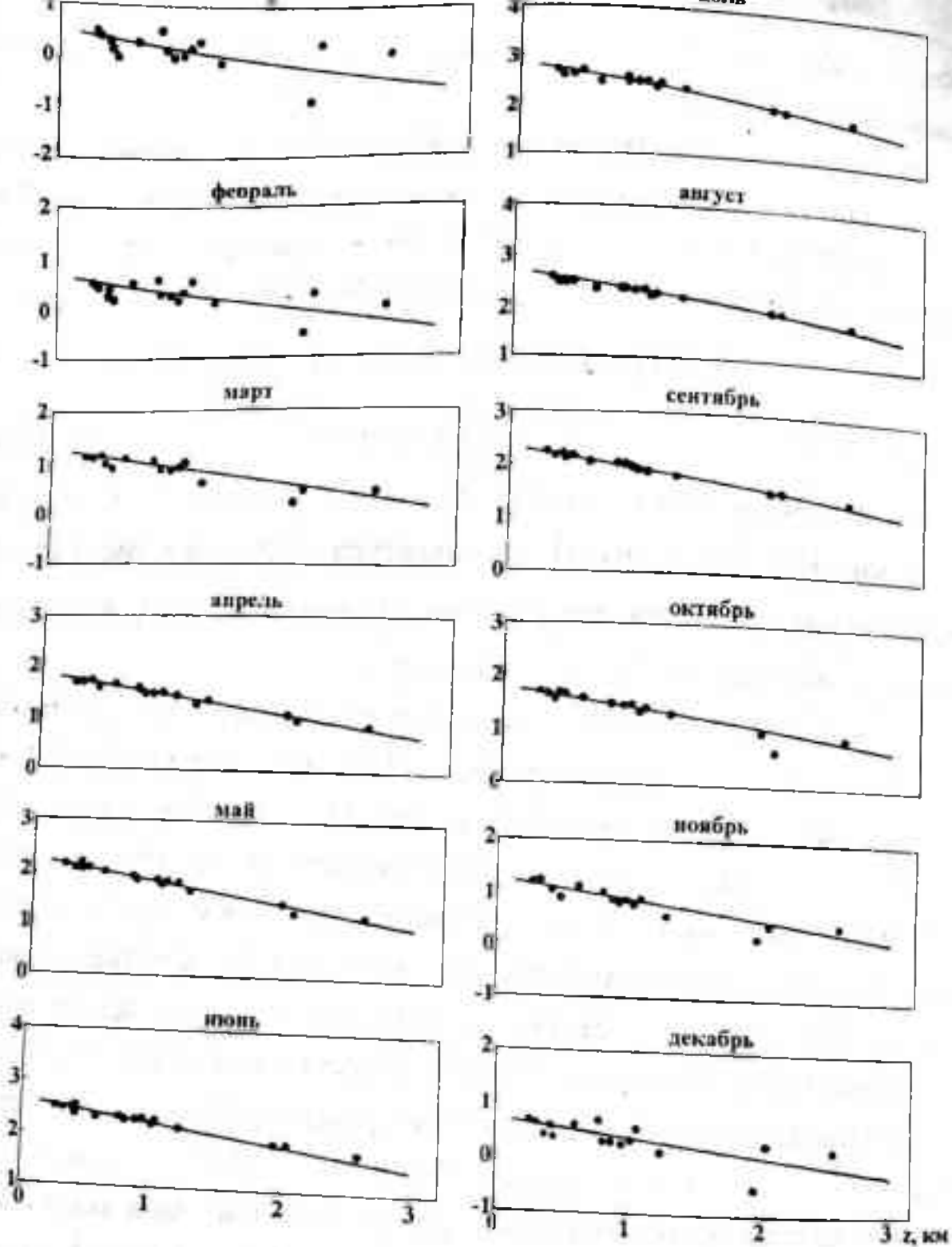


Рис. 1. Зависимость логарифма средних многолетних значений влажности воздуха за отдельные месяцы от высоты местности для горных бассейнов Западного и Северного Алтая.

В табл. 1 приведены параметры зависимости (1):  $e(z_0, t)$  при  $z_0 = 0$  км и  $\beta$ , а также  $\Delta e$  - характеристика изменения влажности воздуха в диапазоне высоты 1 ÷ 3 км.

Таблица 1

Параметры зависимости (1) и характеристика  $\Delta e$  для горных бассейнов Западного и Северного Алтая

Месяц	$e(z_0, t)$ , гПа	$\beta_1$	$\Delta e$ , гПа
1	1,50	-0,33	-0,52
2	1,80	-0,33	-0,62
3	3,26	-0,33	-1,13
4	6,20	-0,37	-2,24
5	9,40	-0,40	-3,47
6	14,2	-0,38	-5,17
7	16,8	-0,37	-6,07
8	15,2	-0,38	-5,53
9	9,70	-0,33	-3,37
10	6,10	-0,33	-2,12
11	3,33	-0,33	-1,15
12	2,05	-0,30	-0,69

Годовой ход параметра  $\beta_1$  (рис. 2), отражающего интенсивность уменьшения влажности воздуха с высотой местности характеризуется для Западного и Северного Алтая минимальными значениями в летний период и максимальными - в зимний период. В летний период наблюдается по сравнению с зимним периодом более интенсивное уменьшение влажности воздуха с высотой местности.

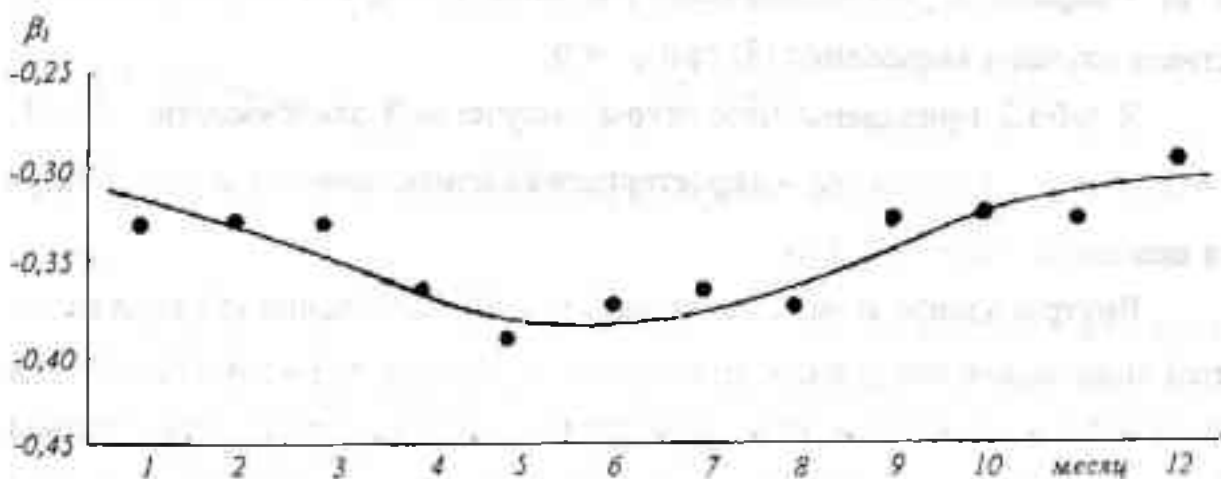


Рис. 2. Внутригодовое изменение параметра  $\beta_1$  в горных бассейнах Западного и Северного Алтая.

Контрасты влажности воздуха  $\Delta e$ , гПа (табл.1) в западном и северном Алтае летом примерно на порядок выше, чем зимой. Для использования при расчете влажного воздуха по суточным интервалам времени годовой ход параметра  $\beta$  аппроксимировался выражением:

$$\beta = \bar{\beta} + v \cos \frac{2\pi}{T} (t - t_0), \quad (4)$$

где  $\bar{\beta}$  - среднее значение параметра  $\beta$ ;  $v$  - полуамплитуда его изменения;  $t$  - время от начала отсчета, сутки;  $t_0$  - параметр сдвига фаз, сутки.

Для рассматриваемого района выражение (4) характеризуется следующими параметрами:  $\bar{\beta} = -0,35$ ;  $v = 0,04$ ;  $t_0 = 165$  суток.

Для анализа и обобщения материалов наблюдений за влажностью воздуха в центральной части Северного склона Заилийского Алатау использовано 9 метеорологических станций, расположенных на высоте от 671 м до 3450 м. На рис. 3 приведены для отдельных месяцев зависимости средних многолетних значений абсолютной влажности воздуха  $e$  гПа от высоты местности  $z$  км.

Анализ приведенных графиков показал, что изменение влажности воздуха с высотой местности в рассматриваемом районе описывается более сложной функцией показательного вида:

$$e(z, t) = e(z_0, t) \{1 + k\beta_1(z - z_0)\} \exp\{-\beta_1(z - z_0)\} \quad (5)$$

или

$$e(z_0, t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e(z_{0i}, t) \{1 + k\beta_1(z - z_0)\} \exp\{-\beta_1(z - z_0)\}, \quad (6)$$

где  $\beta_1$  - параметр;  $k$  - коэффициент равный 1; выражение (1) является частным случаем выражения (5) при  $k = 0$ .

В табл.2 приведены параметры полученной зависимости:  $e(z_0, t)$ ,  $z_0 = 0$  км и  $\beta_1$ , а также  $\Delta e$  - характеристика изменения влажности воздуха в диапазоне высот 1 ÷ 3 км.

Внутригодовое изменение параметра  $\beta_1$  выражения (5) характеризуется минимальными значениями в зимний период и максимальными - в летний период. Изменение этого параметра показывает, что в летний период наблюдается более интенсивное уменьшение влажности воздуха с высотой местности по сравнению с зимним периодом. Для центральной части Северного склона Заилийского Алатау контрасты влажности воздуха  $\Delta e$ , гПа (табл.2) в летний период в 3-4 раза выше, чем в зимний период.

Для аппроксимации годового хода  $\beta_2$  (рис.4) так же, как и для Горного Алтая, использовалось выражение (4). Для Заилийского Алатау оно характеризуется параметрами:  $\bar{\beta}_2 = 0,66$ ;  $v = 0,07$ ;  $t_0 = 30$  суток.

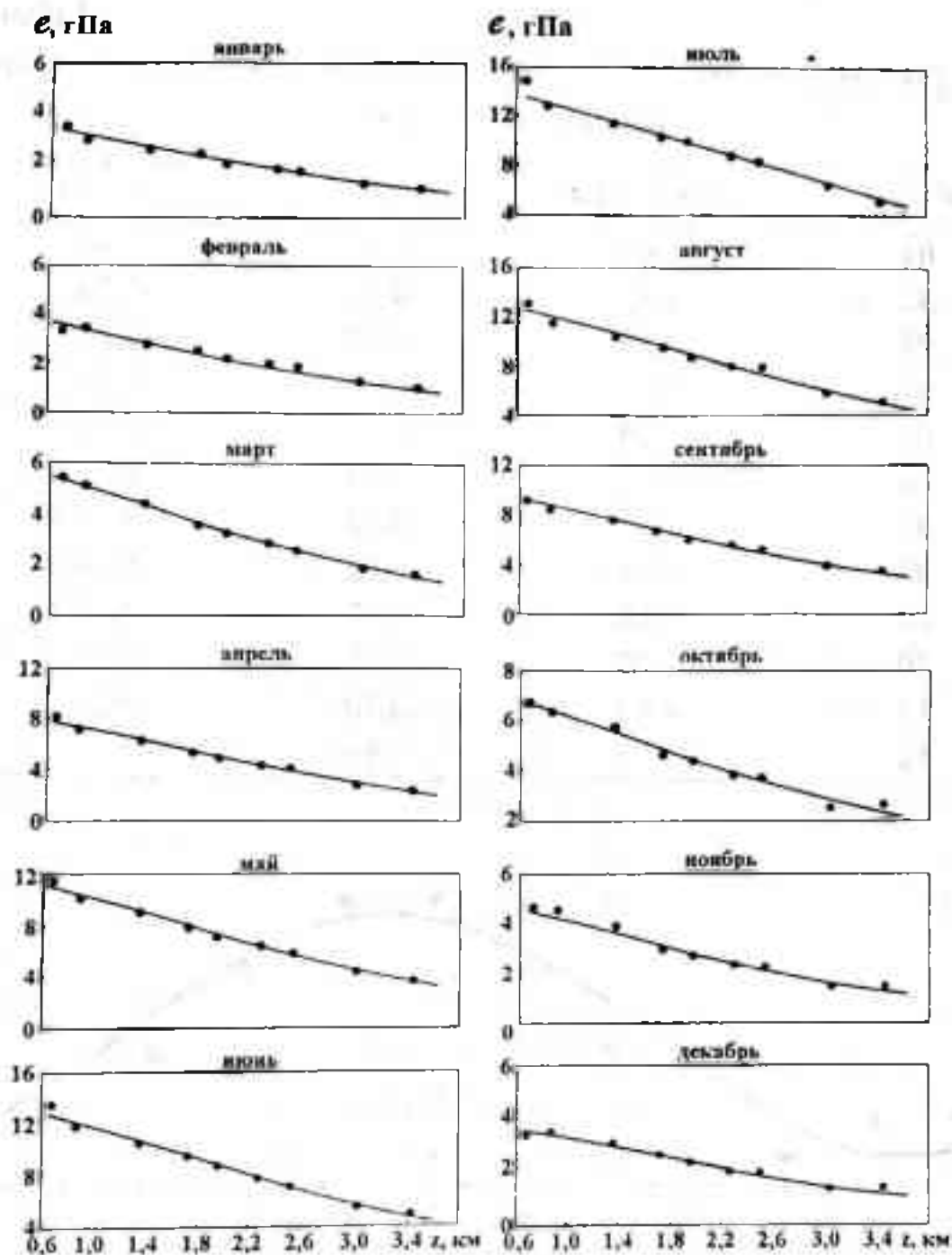


Рис. 3. Зависимость средних многолетних значений влажности воздуха за отдельные месяцы от высоты местности для горных бассейнов Центральной части Северного склона Заилийского Алатау.

Следует отметить, что на предгорной равнине зависимость влажности воздуха от высоты местности часто нарушается вследствие влияния аональных характеристик подстилающей поверхности. Поэтому полученные закономерности изменения абсолютной влажности воздуха с высотой местности могут быть использованы на участках речных бассейнов, с высотами более 0,2 км для Горного Алтая и с высотами более 0,6 км для Заилийского Алатау.

Таблица 2

Параметры зависимости (5) и характеристика  $\Delta e$  для речных бассейнов  
Заилийского Алатау

Месяц	$e(z_0, t)$ , гПа	$\beta_1$	$\Delta e$ , гПа
01	3,40	-0,71	-1,60
02	3,75	-0,71	-1,76
03	5,80	-0,73	-2,76
04	8,20	-0,67	-3,70
05	11,9	-0,62	-5,40
06	13,5	-0,62	-5,79
07	14,4	-0,58	-5,77
08	13,1	-0,62	-5,30
09	9,80	-0,67	-4,18
10	7,20	-0,70	-3,25
11	4,80	-0,70	-2,23
12	3,70	-0,69	-1,71

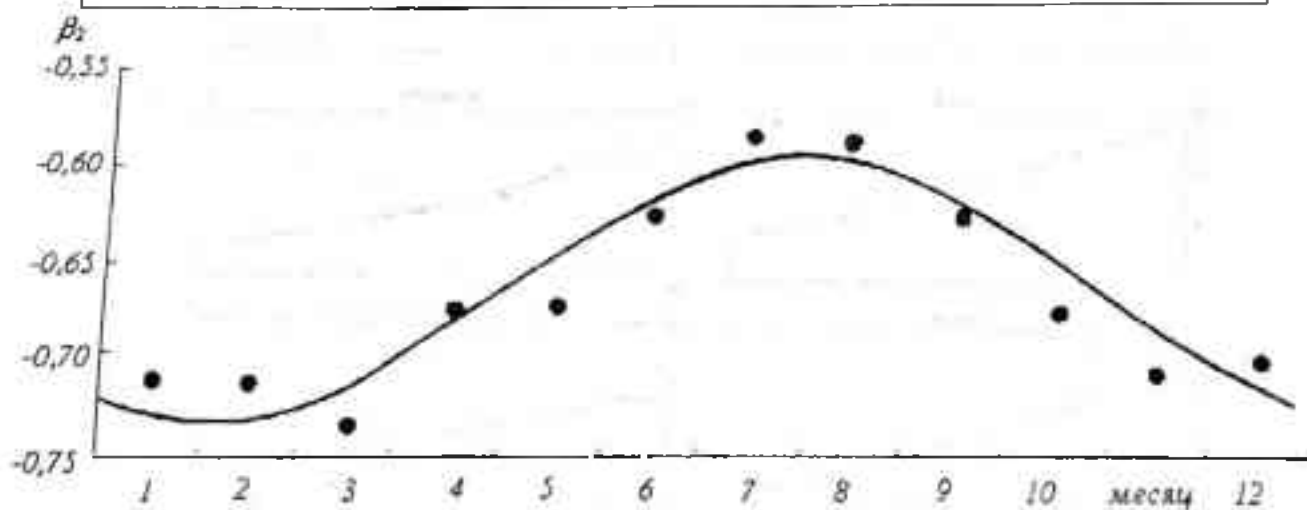


Рис. 4. Внутригодовое изменение параметра  $\beta_2$  в горных бассейнах  
Центральной части Северного склона Заилийского Алатау.

Для расчета максимальной упругости водяного пара на высоте  $z$  может быть использована формула Магнуса, представленная в следующем виде [3]:

$$e_0(z, t) = 6,11 \exp \frac{17,15\theta(z, t)}{235 + \theta(z, t)}, \quad (7)$$

$e_0(z, t)$  - максимальная упругость водяного пара, гПа.

Эта формула обеспечивает точность расчета  $e_0$ , равную 0,1 гПа. Дефицит влажности воздуха на высоте  $z$  в момент времени  $t$ , как известно, вычисляется как разность максимальной упругости водяного пара и влажности воздуха:



$$D(z, t) = e_0(z, t) - e(z, t), \quad (8)$$

где  $D(z, t)$ , гПа - дефицит влажности на высоте  $z$  в момент времени  $t$ .

В заключение следует отметить, что изменение влажности приземного слоя воздуха с высотой местности в общем случае может быть описано с помощью функции (5) показательного вида. Ее параметр  $k$  принимает значение 0 или 1; функция (1) является частным случаем выражения (5) при  $k = 0$ . Полученные результаты позволяют осуществить непрерывное моделирование влажности воздуха и расчет ее дефицита по суточным интервалам времени для любой высотной зоны речных бассейнов Горного Алтая и Заилийского Алатау.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровикова Л.Н. и др. Математическое моделирование процесса стока горных рек /Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М., Трофимова Е.Б., Шенцис Н.Л. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. - 151 с.
2. Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М. Модель поступления воды на поверхность горного бассейна и некоторые результаты ее проверки на бассейнах рек Западного Тянь-Шаня //Труды САНИИ. - 1970. - Вып. 52(67). - С. 3 - 20.
3. Браславский А.П., Чистяев В.Б. Оценка температуры поверхности воды в испарителе с учетом обратной стратификации температуры в тонком поверхностном слое //Труды КазНИИ. - 1980. - Вып. 65. - С. 95 - 100.
4. Денисов Ю.М. Схема расчета гидрографа стока горных рек. - М.: Гидрометеиздат, 1965. - 102 с.
5. Дубинский Г.П., Гуральник И.И., Мамиконова С.В. Метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1965. - 450 с.
6. Соседов И.С. и др. Водный баланс и водные ресурсы Северного склона Джунгарского Алатау /Соседов И.С., Филатова Л.Н., Киктенко О.В. и др. / Алма-Ата: Наука, 1984. - 152 с.
7. Соседов И.С., Филатова Л.Н., Киктенко О.В. и др. Температурный и водный режим горных склонов. - Алма-Ата: Наука, 1983. - 92 с.
8. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, Атмосферные осадки, Снежный покров. - Л.: Гидрометеиздат, 1968. Вып.18, Ч 4. - 550с.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

## АУМАК БИІКТІГІМЕН БІРГЕ АУА ЫЛГАЛДЫЛЫҒЫНЫҢ ӨЗГЕРУІН ҮЛГІЛЕУ

Геогр. ғғлымд. канд. В.В. Голубцов

Аумақтың биіктігімен бірге ауа ылғалдылығының өзгерісі қарастырылған. Таулы аймақтардағы ауа ылғалдылығын есептеуге арналған әмбебап өрнек ұсынылып, оның Батыс Алтай және Іле Алатауы үшін көрсеткіштері анықталған. Бұл көрсеткіштердің ауа ылғалдылығын уақыттың тәуліктік бөліктері бойынша үлгілеуге мүмкіндік беретін жыл барысындағы өзгерісі суреттелген.

## ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ КАЗАХСТАНА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А.Д. Рябцев

Канд. геогр. наук

С.К. Ахметов

*Приведены данные по водным ресурсам Казахстана, рассмотрены вопросы водопользования и загрязнения вод, проблема Аральского моря. Дается содержание "Концепции развития водного сектора экономики и водохозяйственной политики Республики Казахстан до 2010 года". Изложен опыт международного сотрудничества по решению проблем рационального использования и охраны трансграничных рек. Рекомендованы мероприятия по рациональному использованию и увеличению доли естественных водных ресурсов.*

### Водные ресурсы Республики Казахстан.

Развитие экономики Республики Казахстан в целом, в разрезе территориально-промышленных комплексов, областей и отдельных городов, во многом зависит от обеспеченности страны водными ресурсами.

Поверхностные водные ресурсы Казахстана в средний по водности год составляют  $100,5 \text{ км}^3$ , из которых только  $56,5 \text{ км}^3$  формируется на территории республики. Остальной объем  $44,0 \text{ км}^3$  поступает из сопредельных государств: Китая-18,9; Узбекистана-14,6; Кыргызстана-3,0; России-7,5  $\text{км}^3$ . По водообеспеченности Казахстан занимает последнее место среди стран СНГ. Удельная водообеспеченность равна 37 тыс.  $\text{м}^3$  на  $\text{км}^2$  и 6,0 тыс.  $\text{м}^3$  на одного человека в год.

В силу климатических особенностей различных зон республики, до 90% стока поверхностных источников проходит в весенний период. Кроме того, поверхностные водные ресурсы по территории распределены крайне неравномерно и колеблются по годам и внутри года, тем самым, обуславливая неравномерную обеспеченность различных областей и отраслей экономики. Наиболее обеспечена водой Восточно-Казахстанская область - 290 тыс.  $\text{м}^3$  на  $1 \text{ км}^2$ . В то же время испытывают дефицит в воде Атырауская, Кызылординская и, в особенности, Мангыстауская области, где практически отсутствуют пресные воды.

Ресурсы речного стока полностью использовать для нужд отраслей экономики невозможно, так как:

- суммарный объем обязательных попусков воды для удовлетворения экологических, рыбохозяйственных и санитарных требований по рекам Сырдарья, Урал, Или, Тобол, Иртыш, Ишим, Тургай, Шу составляет  $29 \text{ км}^3$  в год;
- транспортно-энергетические затраты стока по Иртышу, вместе с долей России, составляют  $13,1 \text{ км}^3$ ;
- потери речного стока на испарение и фильтрацию в водохранилищах и руслах рек оцениваются в  $13,5 \text{ км}^3$ ;
- весенний сток равнинных рек Центрального Казахстана, который также теряется и рассеивается в связи с невозможностью его полного зарегулирования для использования, равен примерно  $4,5 \text{ км}^3$ .

Таким образом, при сумме указанных необходимых затрат воды в объеме  $57,9 \text{ км}^3$ , располагаемый объем водных ресурсов, возможных к использованию в экономике республики, в средний по водности год не превышает  $43 \text{ км}^3$ . В средне маловодные (75% обеспеченности) и маловодные (95% обеспеченности) годы общий объем речного стока снижается соответственно до  $76$  и  $58 \text{ км}^3$ , а возможные к использованию соответственно до  $32-33 \text{ км}^3$  и  $25-26 \text{ км}^3$ . Поэтому, наличные водные ресурсы республики из-за неравномерной водности по годам, колеблются от  $25$  до  $43 \text{ км}^3$ .

Практически на всей территории страны имеет место напряженная водохозяйственная обстановка, обусловленная недостатком водных ресурсов и загрязнением водных источников, которая достигла наибольших значений в период экстенсивного промышленного роста. Несбалансированность между способностью природной среды к восстановлению и антропогенной нагрузкой, привело к тому, что экологическое неблагополучие охватило все основные речные бассейны страны. Интенсивное и нерациональное развитие орошаемого земледелия, а также зарегулирование стока в условиях аридного климата привело к дефициту воды в бассейнах малых и крупных рек. Практически за последние 40 лет исчезло Аральское море. Если не произойдет коренных изменений, то аналогичная судьба ожидает и озеро Балхаш.

Водопотребление отраслей экономики Казахстана на современном уровне колеблется от  $35,3$  до  $19,5 \text{ км}^3$ . Колебания используемых объемов воды обусловлены водностью лет, а также происходящими в экономике организационно-структурными преобразованиями. Начиная с 1990 г., про-

слеживается тенденция уменьшения объемов забора и, соответственно, использования воды из природных источников с одновременным снижением объемов использования воды на сельскохозяйственное, промышленное, хозяйственно-питьевое водопотребление. Объем забора воды из природных водных объектов в 2000 г. по сравнению с 1999 годом уменьшился на 918 млн. м<sup>3</sup> и составил 20,057 км<sup>3</sup>. Снижение объема водопотребления связано с сокращением орошаемых площадей в сельском хозяйстве. На орошение (регулярное и лиманное) используется около 15 км<sup>3</sup> воды. Напряженный водохозяйственный баланс наблюдается в Кызылординской, Южно-Казахстанской, Алматинской областях, в которых развито орошаемое земледелие, в том числе наиболее влагоемкое - производство риса. Водообеспечение отраслей экономики осуществляется на 85% (27,5 км<sup>3</sup>) за счет поверхностных водных источников, остальная часть - за счет подземных, морских и сточных вод.

Сельскохозяйственная деятельность - это сектор, потребляющий основной объем водных ресурсов (на нужды сельского хозяйства используется до 70- 90% всей потребляемой воды). При этом наибольший удельный вес водопотребления приходится на орошаемое земледелие, затем на лиманное орошение для производства кормов, обводнение пастбищ и водоснабжение сельского населения и скота. Регулярное орошение базируется, в основном, на поверхностном стоке и наиболее развито на юге и юго-востоке республики - в бассейнах рек Сырдарья, Или, Шу, Талас, Иртыш и др. Лиманное орошение получило развитие, главным образом, на севере и западе Казахстана, на базе весеннего стока рек Ишим, Тургай, Тобол, Урал и др.

Дефицит водных ресурсов, в совокупности со сложившейся экономической ситуацией в стране, приводят к сокращению водопотребления в республике. Водозабор на сельское хозяйство сократился в 2000 году до 15 м<sup>3</sup> (26 м<sup>3</sup> в 1992 г.), площадь регулярного орошения уменьшилась вдвое. Слабое внедрение совершенной агротехники, неудовлетворительное техническое состояние ирригационных и водораспределительных систем, износ оборудования, отсутствие водосберегающих технологий привело к ухудшению качества воды, засолению орошаемых территорий, стремительному развитию процессов опустынивания. Снижение объемов водопотребления характерно и для отраслей промышленности, где потребление воды в 2000 году сократилось до 2,2 км<sup>3</sup> (для сравнения, в 1992 году

– 4,8 км<sup>3</sup>). Наибольшее количество воды используют предприятия теплоэнергетики, цветной металлургии, нефтяной промышленности.

В разрезе отдельных крупных бассейнов рек состояние водных ресурсов следующее.

Бассейн реки Сырдарья характеризуется сложной ситуацией, особенно в ее низовье. Сокращение поступления естественного стока реки в нижнее течение и увеличение его загрязнения привело к резкому снижению качества природной среды и условий жизни населения Приаралья. Дельта самой реки потеряла регулирующее значение как природного комплекса низовья, так и для Аральского моря. Процесс опустынивания охватил территорию в 2 млн. га. Сброс в Сырдарью коллекторно-дренажных и сточных вод населенных пунктов, промышленности и сельского хозяйства, ведет к химическому и бактериальному загрязнению вод и повышенной заболеваемости населения. Сложность решения водной проблемы в регионе заключается в том, что ресурсы поверхностных вод в целом по бассейну полностью исчерпаны.

Этот дефицит, из-за его значительных размеров невозможно сократить одними только водосберегающими мероприятиями на уровне существующих хозяйствующих структур. Для этого требуются принципиальные преобразования в базовых отраслях экономики, главным образом, орошаемом земледелии и усиление межгосударственной кооперации.

Бассейн реки Урал относится к числу остродефицитных по воде. Здесь размещение и развитие отраслей экономики осуществлялось в соответствии с имеющимися сырьевыми ресурсами и потребностями экономики, без достаточного должного учета водного фактора. В результате сложилась такая ситуация, когда потребность в воде уже значительно превышает фактические возможности ее удовлетворения, особенно в маловодные годы. Все это сопровождается интенсивным загрязнением вод бассейна Урала.

Бассейны рек Центрального и Северного Казахстана отличаются относительно небольшим объемом стока и крайней неравномерностью в течении года: 90 % стока проходит в течении 1-2 весенних месяцев. Острый недостаток водных ресурсов является препятствием для развития добывающей промышленности, которая имеет исключительно важное значение для страны. Здесь производится 76% электроэнергии, добывается 98% угля, 99% железной руды, значительная доля меди. Регион, кроме угля, железа и меди, имеет большие запасы марганцевых и свинцово-

цинковых руд, вольфрама, молибдена, бокситов, асбеста, сырья для развития химической промышленности и др.

Большие потенциальные сырьевые возможности определяют необходимость привлечения сюда водных ресурсов из сопредельных речных бассейнов. Такой источник для этого региона определен — это река Иртыш. Для подачи воды из него в Центральный Казахстан, построен канал Иртыш - Караганда, однако его мощность из-за плохого технического состояния, неурегулированности экономических отношений с водопользователями снизилась, что привело предприятие по эксплуатации канала к банкротству.

Бассейн реки Иртыш, несмотря на его высокую водность, также испытывает недостаток воды и его водохозяйственный баланс очень напряженный. Кроме того, бассейн реки подвержен сильному промышленному загрязнению. Бассейн включает территории Китая, Казахстана и России, каждый из которых в части использования ее вод имеет свои интересы. При рассмотрении путей решения водных проблем бассейна р. Иртыш в аспекте межгосударственного использования необходимо предусмотреть решение вопросов предотвращения загрязнения вод, меры сохранения качества передаваемого стока реки на границе государств, определение предельных объемов изъятия стока без нанесения взаимного ущерба.

Бассейн озера Балхаш является одним из неблагоприятных в стране как по водообеспеченности, так и в экологическом плане в связи с ростом безвозвратного изъятия стока Или, интенсивным его загрязнением. Решение проблемы сохранения оз. Балхаш и природных объектов в его бассейне зависит от неотложного осуществления мер по экономии воды, прекращения сброса сточных вод промышленности и сельского хозяйства в реку. Водный баланс в бассейне во многом будет определяться урегулированием водных отношений по реке Или с Китайской стороной.

Успешное решение проблем водообеспечения страны, наряду с наличием водных ресурсов в достаточном для использования количестве, во многом зависит от состояния водохозяйственных систем. После распада СССР и вплоть до 2000 года в связи со сложным экономическим положением страны, финансирование водохозяйственных объектов осуществлялось по остаточному принципу. В связи с этим во многих регионах страны состояние водных объектов и гидротехнических сооружений из-за высокого физического износа, резкого сокращения финансирования на их со-

держание и ремонт продолжало ухудшаться, что создавало и пока еще создаст серьезную угрозу для безопасности населения и экономики.

### Проблемы водопользования.

Для устойчивого управления водными ресурсами необходима целостная система водного хозяйства, постоянное осуществление работ на водных объектах, связанных с обустройством и содержанием, надзором за безопасностью гидротехнических сооружений, проведением квалифицированного ремонта и эксплуатации.

Несмотря на наблюдавшийся спад производства и снижение объемов использования пресной воды, проблема расточительного водопользования не теряет и не теряет своей актуальности. Так, ежегодный объем потерь свежей воды только при транспортировке составляет  $4,94 \text{ км}^3$ , при этом безвозвратное водопотребление, относительно природных водных объектов, составляет  $15,28 \text{ км}^3$ . Такое нерациональное использование вод на орошаемых массивах привело к засолению и заболачиванию, в городах потери воды в сетях водоснабжения и канализации вызвали подтопление, и создали устойчивые очаги негативного воздействия на подвалы, фундаменты и коммуникации.

В жилищно-коммунальном секторе утечки воды при транспортировке составляют до 35% от объема забранной воды, удельное водопотребление составляет 240-420 л/сут на человека. Количество аварий на 100 км водопроводных сетей в республике составляет более 70, показатель надежности средневропейского уровня – 3 аварии. Расчеты показывают, что при полном удовлетворении нужд в коммунальном секторе, можно говорить о 25-30% сокращении отбора воды из водных объектов.

Сельское хозяйство является основным водопотребителем, в котором до 80% воды расходуется на орошение. В последнее десятилетие площади регулярного орошения с 2,3 млн. га сократились до 1,1 млн. га, объем водозабора с  $22,0 \text{ км}^3$  упал до  $12,0 \text{ км}^3$ , при этом удельное водопотребление увеличилось. Значительно ухудшилось состояние оросительных систем.

Водопотребление промышленного сектора сократилось до  $4,0 \text{ км}^3$  в год. Расход свежей воды на единицу продукции остается высоким из-за недостаточного уровня использования оборотного и повторного водоснабжения, неудовлетворительного состояния систем водоподдачи и низкого КПД. Сегодня до 40% воды, очищенной до питьевых требований, расходуется на промышленные нужды.



Нерациональное использование водных ресурсов во всех речных бассейнах наряду с дефицитом и усугубляемое загрязнением, приводит к деградации окружающей природной среды, усыханию озерных и речных экосистем, росту заболеваний населения.

К числу наиболее актуальных проблем водообеспечения страны относятся следующие.

Система водоснабжения не отвечает требованиям надежности водоподачи и качества питьевой воды.

Проблемы снабжения качественной питьевой водой населения затрагивают практически все области и города страны, включая Астану. В среднем по республике 70-75% городского населения обеспечивается водопроводной водой, 15-18% - водой децентрализованных водоисточников, остальная часть населения пользуется привозной водой (более 500 тыс. человек) и водой открытых водоемов.

Большинство водопроводов введены в эксплуатацию или капитально отремонтированы более 20-25 лет назад, на севере Казахстана более 30 лет. Срок эксплуатации ряда водопроводов и отдельных их веток истек, соответственно увеличилось количество аварий. Наличие громоздкой системы групповых водопроводов и крайне неудовлетворительное их техническое состояние, высокие эксплуатационные затраты при наличии на отдельных территориях разведанных месторождений подземных вод свидетельствуют о малоэффективности управления этим водохозяйственным комплексом и требуют выполнения мероприятий по его реорганизации.

Многие действующие в республике водопроводы не отвечают санитарным требованиям в силу длительного срока эксплуатации, устаревшей технологии водоочистки и не обеспечивают подачу воды нормативного качества. Более 40% водопроводов с забором воды из поверхностных водных источников не имеют необходимого комплекса очистных сооружений для обеззараживания и очистки воды, по многим водозаборам не соблюдаются режимы зон санитарной охраны. В неудовлетворительном состоянии находятся водоразводящие сети, износ которых достигает до 70% и непрерывно возрастает, что обуславливает частые аварии и, как следствие, загрязнение воды. Более 20-30% воды теряется из-за утечек в водопроводных сетях жилищного фонда, коррозии и износа водопроводов. Имеющиеся мощности водопроводов, в силу большого их физического износа и устаревшей технологии водоочистки, не обеспечивают бесперебойного водоснабжения.

### Низкий уровень использования оборотного и повторного водоснабжения.

Во многих отраслях промышленного производства и на отдельных взятых предприятиях остаются высокими расходы свежей воды на единицу продукции из-за низкого уровня использования оборотного и повторного водоснабжения, водосберегающих и безводных технологий, неудовлетворительного состояния систем водоподачи и их низкого КПД.

### Низкое техническое состояние водохозяйственных объектов и систем

Водопотребление сельскохозяйственного производства (в основном орошения) составляет 75% от общего объема водопотребления по стране. Из-за низкого технического состояния оросительной сети, нехватки средств на ремонт и нормальную эксплуатацию каналов и гидротехнических сооружений, допускаются существенные непроизводительные потери воды, несмотря на уменьшение площадей орошаемых земель. Результаты обследования водохранилищ и других гидросооружений показывают, что их техническое состояние не в полной мере отвечает требованиям устойчивости, предъявляемым к этим водохозяйственным объектам.

### Трансграничные проблемы.

В настоящее время при урегулировании межгосударственных водных отношений руководствуются бассейновыми схемами комплексного использования и охраны водных ресурсов, разработанными в бывших союзных органах. По инициативе любой из приграничных стран могут быть подняты вопросы пересмотра условий вододеления, а значит и объемы водных ресурсов. Особенно актуальны эти проблемы для стран, расположенных в бассейне Аральского моря.

### Загрязнение водных ресурсов.

Качество воды практически всех крупных рек не соответствует существующим требованиям. Загрязнение водных ресурсов связано со сбросами сточных вод населенных пунктов, промышленных предприятий, коллекторно-дренажными стоками с орошаемых массивов. Многие города не имеют комплекса канализационных очистных сооружений. Неочищенные стоки сбрасываются на поля фильтрации (г. Тараз) или в накопители (гг. Кокшетау, Кызылорда, Уральск, Петропавловск, Костанай). В гг. Талдыкоргане, Павлодаре и Семипалатинске существующие очистные сооружения испытывают перегрузки в 1,5 – 2 раза. Накопители сточных вод часто заполняются до предельных отметок, создавая постоянную угрозу аварийного прорыва ограждающих дамб.

Значительный объем сточных вод промышленных предприятий (до 24% в отдельных городах) поступает на очистные сооружения, которые не рассчитаны на очистку промышленных сточных вод. В последнее время в бытовых сточных водах стали преобладать стоки моющих средств зарубежного производства, которые трудно поддаются очистке и имеют большой период сохранения вредного воздействия на природную среду и, соответственно, загрязняют водные источники. Многие города не имеют системы ливневой канализации с полным комплексом очистных сооружений, вследствие чего в водные объекты поступает большой объем загрязненных стоков.

### Проблема Аральского моря

Проблема Аральского моря уже 30 лет находится в центре внимания исследователей. В настоящее время она несколько потускнела на фоне информационного бума вокруг Каспийского моря, но очаг социальной и экологической напряженности в этом регионе сохраняется. В Приаралье в результате нерациональной хозяйственной деятельности в бассейне Аральского моря возникли и тесно переплелись все приоритетные экологические проблемы национального уровня.

В казахстанской части бассейна р. Сырдарьи проживает более 2,5 млн. человек (Южно-Казахстанская область - 1998,6 млн. чел., Кызылординская обл. - 601,2 тыс. чел.). Сельское хозяйство в этих областях является основной сферой занятости населения.

Дефицит водных ресурсов в низовьях Сырдарьи достигает 1,2-3,5 км<sup>3</sup> в год. Произошедшие морфодинамические изменения русловых процессов привели к заилению каналов и русла самой реки, и как следствие, к деградации экосистем древней и современной дельт Сырдарьи. Основной объем стока Сырдарьи - главной водной артерии Кызылординской и Южно-Казахстанской областей - формируется в верхней части бассейна на территории Кыргызии, Узбекистана и Таджикистана. Река зарегулирована тремя крупными водохранилищами.

Ключевую роль в водообеспечении южных регионов в течение долгих лет играло Токтогульское водохранилище, которое, аккумулируя воду в течение ряда лет, восполняло дефицит водных ресурсов в маловодные годы. До обретения независимости странами Центральной Азии все водохозяйственные объекты на реке Сырдарья рассматривались как взаимосвязанная водохозяйственная система и Токтогульское водохранилище, осуществлявшее основные регулирующие функции, достаточно эффективно поддерживало ее устойчивость. В последние годы режим работы

Токтогульского водохранилища, как объекта собственности Кыргызской Республики, не согласовывается со сложившимся водохозяйственным комплексом Центрально-Азиатских республик. Оно имеет обособленный режим, ориентированный на выработку дешевой электроэнергии — как для внутренней потребности, так и на экспорт и, как следствие, ежегодно наблюдается повышенный сброс воды из водохранилища в зимний период.

Попытки пропустить в Аральское море большие объемы воды приводят, особенно в зимнее время, к затоплению больших территорий. В результате объем попуска в низовья Сырдарьи уменьшился с 10 км<sup>3</sup> в 1994 году до 5,4 км<sup>3</sup> в 2000 году. Вместе с тем, объем воды в Аральском море продолжает сокращаться и не превышает 230 км<sup>3</sup> при средней солености 46мг/л.

Одной из приоритетных проблем в регионе является деградация пастбищ и пахотных земель. Казахстанская часть Приаралья охватывает 59,6 млн. га земель. Здесь преобладают засоленные (10,7 млн. га), солонцеватые (9,9 млн. га), зашебненные (3,2 млн. га) земли. Подвержены засолению практически все орошаемые земли. В последние два десятилетия по Приаралью наблюдается уменьшение общей площади пастбищ с 45,0 млн. га до 41,5 млн. га и увеличение площади деградированных пастбищ с 4,8 млн. га до 6,4 млн. га. В составе сельхозугодий около 8,0 млн. га земель подвержены эрозии. Площадь сенокосов здесь сократилась с 544,6 до 410,5 тыс. га. Одной из причин снижения урожайности отдельные авторы считают вынос и выпадение токсичных солей с бывшего дна Аральского моря. Изменению в сильной степени подвержены до 8% природных кормовых угодий, которые расположены в пойме р. Сырдарьи, части равнин на окраинах крупных песчаных массивов, а также в песках Большие и Малые Барсуки. Это наиболее интенсивно используемые территории, требующие первоочередных мер по восстановлению нарушенного травостоя.

Набирают силу проблемы нефтяных загрязнений в результате недостаточно эффективного экологического контроля. Весьма напряженная экологическая обстановка в регионе связана с деятельностью комплекса "Байконур", где природоохранные службы пока еще бессильны из-за недоработок законодательных основ. В Южно-Казахстанской области более 100 крупных предприятий, загрязняющих атмосферу своими выбросами.

В дельтах гибнут тугайные леса, имеющие природоохранное, лесохозяйственное и рекреационное значение, и являющиеся резерватами дикой растительности и животного мира. Хищническое использование биологических ресурсов только усугубляет ситуацию. Из гнездившихся в на-

чале прошлого века 131 вида птиц в настоящее время сохранилось не более 30. В свое время Арал являлся крупным поставщиком рыбы и имел очень ценное значение для народного хозяйства. После зарегулирования стока Сырдарьи исчезли многие виды аборигенной ихтиофауны. Перестал функционировать один из уникальнейших заповедников на острове Барсакельмес, представлявший пустынную экосистему в окружении моря. Часть его фауны была перевезена в Алматинский Государственный Заповедник и в Заилийский Национальный парк.

Происшедшие за последние десятилетия изменения экологических факторов привели к значительному росту заболеваемости населения, особенно инфекционными и онкологическими. Положение осложняется усиленными износами основных фондов, невозможностью заменить устаревшие, экологически вредные технологии, а также значительным отставанием строительства природоохранных объектов из-за значительного сокращения государственных инвестиций в общий объем капиталовложений, направленных на охрану окружающей среды области. Его часть в республиканском объеме составляет всего 0,02 %.

В начале 70-х годов к основным источникам загрязнения вод моря относились речные воды Амударьи и Сырдарьи, рыболовный и транспортный флот, Аральский морской порт, Аральский и Муйнакский рыбокомбинаты. Режим поступления в море загрязняющих веществ начал меняться с середины 70-х годов, что в первую очередь было связано с резким сокращением притока сильно загрязненных речных вод. Так, в 1974-1986 гг. сток Сырдарьи, а в отдельные годы этого периода и сток Амударьи, до Аральского моря не доходил. Суммарный же приток речных вод к морю в 1981-1989 гг. составлял около 4 км<sup>3</sup>/год. Изменение гидрологического и гидрохимического режима моря, ухудшение условий обитания водных организмов привело к резкому уменьшению воспроизводства рыбных запасов, прекращению рыбного промысла и ликвидации рыболовного флота. Обмеление моря повлекло за собой прекращение транспортных перевозок и полную ликвидацию в 1980 г. Аральского морского порта.

В настоящее время загрязняющие вещества поступают в море только от небольшого количества оставшихся судов и нерегулярно с речным стоком Амударьи и Сырдарьи. Основное количество загрязняющих веществ поступает в море с речными и сбросными водами при прорыве земляных дамб и аварийных сбросов в нижнее течение Амударьи и Сырдарьи, а также с небольшим объемом коллекторно-дренажных вод, дохо-

дящих до моря. К числу наиболее распространенных загрязняющих веществ в Аральском море относятся нефтяные углеводороды, фенолы, синтетические поверхностно- активные вещества, хлорорганические пестициды, тяжелые металлы. Засоленность, из-за практического отсутствия притока пресных вод рек, поднялась с 10 г/л до уровня 40-50 г/л.

### **Концепция развития водного сектора экономики и водохозяйственной политики Республики Казахстан до 2010 года**

Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды принимаются всесторонние меры по улучшению водообеспеченности страны. Во исполнение Указа Президента Республики Казахстан от 17 февраля 2000 года № 344 «О дальнейших мерах по реализации Стратегии развития Казахстана до 2030 года» и протокольного решения Правительства Республики Казахстан от 21 ноября 2000 года за № 30, разработанного и 21 января текущего года Правительством РК одобрена «Концепция развития водного сектора экономики и водохозяйственной политики Республики Казахстан до 2010 года».

Концепции была составлена с учетом последних изменений в природоохранном законодательстве и присоединения Казахстана к ряду международных соглашений и конвенций по вопросам использования и охраны водных ресурсов, таких как «Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер» (г. Хельсинки, 17.03.92 г). В Концепции изложены положения, отражающие совокупность современных взглядов на достижение и поддержание экономически оптимального и безопасного уровня водопользования, оценены тенденции его развития, определены приоритетные направления и обозначены цели и задачи до 2010 года.

Концепция является основой для совершенствования законодательной базы, разработки конкретных программ и мероприятий по развитию водного сектора экономики и водохозяйственной политики государства. Основной целью Концепции является определение основных путей решения проблем сохранения и рационального использования водных ресурсов страны для улучшения здоровья и повышения благополучия граждан республики (Стратегия-2030), обеспечения баланса потребности социально-экономического развития и возможности воспроизводства водных ресурсов на уровне требований нормативного качества вод – «устойчивое водопользование». В Концепции определены долгосрочные, среднесрочные и на ближайшую перспективу приоритеты и принципы водохозяйственной политики государства.

Основные задачи по реализации государственной водной политики, изложенные в Концепции, включают в себя разработку и реализацию республиканской Программы рационального использования и охраны водных ресурсов в разрезе бассейнов крупных рек; региональных программ местных исполнительных органов, республиканской целевой Программы по водосбережению, программ по управлению уровневым и солевым режимом внутренних и окраинных водоёмов (Балхаш, Арал, Каспий). В ней предусмотрено повсеместное внедрение водосберегающих технологий, оборотных и замкнутых систем водопользования, осуществление мер по снижению удельного водопотребления на единицу продукции в промышленности и сельском хозяйстве, снижение эксплуатационных потерь воды в сфере водопользования, оснащение водохозяйственных систем современными средствами водоизмерения и водорегулирования.

Предполагается совершенствование экономического механизма использования водных ресурсов путем дифференциации действующих ставок платы, создание условий по оптимизации ценообразования за услуги по подаче воды водопользователям с поэтапным переводом затрат по содержанию и ремонту водохозяйственных объектов на самоокупаемость. Для выравнивания уровня водообеспечения отдельных регионов до среднереспубликанского на приоритетной основе предполагается осуществление мероприятий по обеспечению населения качественной питьевой водой в районах с депрессивной экономикой, а также в районах с водой, не соответствующей нормативам государственного стандарта «Вода питьевая». В области совершенствования государственного управления водным хозяйством предполагается реформирование (децентрализация, реструктуризация) структуры водного сектора экономики с разграничением хозяйственных функций от государственного управления и контроля.

Концепция будет служить основополагающим документом при принятии решений по вопросам, связанным с использованием и охраной водных ресурсов и объектов на них, в том числе при разработке законодательных и нормативных правовых актов, водохозяйственных программ, схем комплексного использования и охраны водных ресурсов, инвестиционных проектов и других документов.

#### **Отраслевая программа "Питьевые воды".**

В целях обеспечения населения питьевой водой Министерством разработана и Правительством Республики Казахстан утверждена 23 января 2002 года Отраслевая Программа «Питьевые воды». Цель Программы –

устойчивое обеспечение населения питьевой водой в необходимом количестве и гарантированного качества. Основные задачи Программы - определение и разработка комплекса мероприятий, направленных на обеспечение населения питьевой водой в необходимом количестве и гарантированного качества, определение приоритетов по их реализации, и необходимого объема инвестиций и источников финансирования для реализации Программы.

Основные направления в решении проблем по водообеспечению населения - это восстановление и усовершенствование существующих систем водоснабжения для поддержания их эксплуатационного состояния; освоение новых и развитие альтернативных источников и вариантов водоснабжения; улучшение качества потребляемой воды; рациональное использование питьевой воды; улучшение экологического состояния водных объектов; создание информационной среды, способствующей пониманию населением проблемы рационального использования питьевой воды, совершенствование управления, координации и повышения эффективности водообеспечивающей и водоохранной деятельности.

Реализация настоящей Программы будет осуществляться в соответствии с разработанным планом мероприятий, что позволит сосредоточить внимание исполнительных органов, водохозяйственных организаций на основных проблемах в области снабжения населения питьевой водой, реагировать на изменения ситуации, обеспечить эффективность мер и получения реальных результатов.

На период до 2005 года Программой предусматривается приостановка дальнейшего ухудшения состояния водоснабжения, качества воды - источников питьевого водоснабжения, обеспечение доступности воды и начало планомерной работы по развитию отрасли с целью сохранения и улучшения здоровья населения. Мероприятиями Программы охвачено 3,7 тысячи сельских населенных пунктов, в которых проживает около 4 млн. человек и городское население численностью более 3 млн. человек. Позитивные изменения в обеспечении населения питьевой водой создадут удовлетворительные социально - бытовые и санитарно-эпидемиологические условия жизни и, в конечном итоге, положительно скажутся на физическом и духовном здоровье населения страны.

Министерством проводятся также мероприятия по совершенствованию правовой основы водохозяйственной политики государства и прежде всего Водного кодекса, принятого и введенного в 1993 г., а также соответствующих ему подзаконных актов, регулирующих вопросы водного



хозяйства и управления водными ресурсами. Водный кодекс Республики Казахстан в целом унаследовал принципы водных отношений со времен СССР и по содержанию, целям и задачам требует принципиальной переработки. Не полностью соответствуют законодательству Республики Казахстан правовые нормы по компетенции органов государственной власти в области регулирования водных отношений. Сферы государственного управления по использованию и охране вод четко не разграничены и не урегулированы.

Водный кодекс должен быть базовым и прямого действия в сфере водных отношений. Общая тенденция должна заключаться в регулировании водных отношений преимущественно на законодательной базе, а не на подзаконной. Водный Кодекс разработан применительно только к одному виду собственности на водные объекты - государственной и не учтено, что при определенных условиях может быть и частная собственность. В нем допускается отчуждение водного фонда по ведомственной принадлежности в части лицензирования или выдачи разрешения на специальное водопользование. Так выдача разрешений на забор поверхностных вод отнесена к компетенции органов управления водными ресурсами, подземных вод - на органы геологии и охраны недр, сброс сточных вод в водоемы - на органы охраны природы.

**Международная деятельность по решению проблем рационального использования и охраны трансграничных рек.**

В условиях, когда в стране отмечается острый дефицит водных ресурсов, единственным способом решения проблем обеспечения населения и хозяйственного комплекса водой является ее рациональное использование и охрана. А, принимая во внимание, то, что почти половина поверхностных водных ресурсов Казахстана являются трансграничными, особое место в водной политике государства занимают также вопросы взаимодействия с сопредельными странами по использованию водных ресурсов на основе их справедливого и разумного использования, путем решения всех острых вопросов на основе взаимодоверия, взаимовыгоды, в духе добрососедства и взаимопонимания.

В этом плане 10-летний опыт Межгосударственной Координационной Водохозяйственной Комиссии (МКВК) является ярким примером сотрудничества. В прошедшем году в рамках МКВК, Казахстанско-Российской комиссии и Казахстанско-Китайской Рабочей группы экспертов Комитетом по водным ресурсам МПРиООС проводилась большая

работа по решению проблем рационального использования и охраны трансграничных рек.

Для решения вопроса водообеспечения южных областей страны 19 апреля 2001 г между Правительствами Казахстана и Кыргызии, 20 мая 2001 г между Правительствами Казахстана, Кыргызии и Узбекистана, были подписаны межправительственные соглашения об использовании водно-энергетических ресурсов Нарын-Сырдарьинского каскада водохранилищ в 2001 г. 19 июня 2001 года в г. Ходженте (Таджикистан) состоялась встреча руководителей водохозяйственных органов Казахстана, Таджикистана и Узбекистана, где согласованы объемы воды, поступающей в Казахстан по каналу Достык.

Для обеспечения южных регионов Казахстана поливной водой в вегетационный период 2002 г. Комитетом по водным ресурсам проводится работа по подготовке соответствующего Межправительственного Соглашения об использовании водно-энергетических ресурсов Нарын-Сырдарьинского каскада водохранилищ. В этой связи в г. Бишкек 12 декабря 2001г. казахстанская делегация по приглашению кыргызской стороны приняла участие в работе рабочего совещания экспертов водохозяйственных и топливно-энергетических отраслей Казахстана, Кыргызстана и Узбекистана.

Во взаимоотношениях Казахстана со странами Центральной Азии особо следует отметить казахстанско-кыргызское сотрудничество по трансграничным рекам. В частности, в ходе официального визита Президента Республики Казахстан Назарбаева Н.А. в Кыргызскую Республику 23-24 июля 2001 года была достигнута договоренность между Главами государств о создании Казахстанско -Кыргызского водно-энергетического консорциума. Консорциум предлагается создать для совместного строительства Камбаратинской ГЭС-2. Деятельность Консорциума предлагается осуществлять на базе существующего Нарынского каскада ГЭС с Токтогульским водохранилищем многолетнего регулирования и возводимой Камбаратинской ГЭС-2 при совместном управлении энергетическим режимом всем Нарынским комплексом. Глобальная цель строительства Камбаратинской ГЭС-2 - рациональное использование гидроресурсов Токтогульского водохранилища, переход от бартерных отношений между республиками к денежным. Локальная цель Казахстана - устойчивое водообеспечение южных регионов Казахстана, снижение тарифов на электроэнергию, получаемую из Кыргызстана.

Казахстанской Стороной подготовлен проект Соглашения между Правительством Республики Казахстан и Правительством Кыргызской Республики о создании водно-энергетического консорциума, согласованный с заинтересованными министерствами и ведомствами, и направлен в МИД РК для препровождения кыргызской Стороне.

В целом, казахстанско-кыргызские отношения в части совместного использования трансграничных водных ресурсов развиваются достаточно успешно и динамично во многом благодаря усилиям и встречным шагам кыргызской Стороны. В частности, в целях гарантированного обеспечения поливной водой в вегетационный период орошаемых земель Жамбылской области между Правительством Республики Казахстан и Правительством Кыргызской Республики в городе Астане 21 января 2000 года подписано «Соглашение об использовании водохозяйственных сооружений межгосударственного пользования на реках Чу и Талас», ратифицированное Жогоргу Кенеш Кыргызстана и проходящее процедуру ратификации в Сенате Парламента Республики Казахстан.

Действия по улучшению экологической ситуации в Приаралье. В настоящее время действия заинтересованных в решении Аральской проблемы участников направлены преимущественно на выполнение Программы по бассейну Аральского моря (ПБАМ), утвержденной Главами Центрально-Азиатских государств. Ряд программ и проектов, включенных в Программу конкретных действий, направлены на охрану окружающей среды бассейна Аральского моря в ближайшие 3-5 лет:

Программа 2. Разработка и осуществление региональной системы мониторинга водных ресурсов и регулирования их использования в Приаралье для выяснения экологической ситуации, в том числе создание баз данных, специально оборудованных метеорологических станций, особенно в зоне образования стока.

Программа 3. Выработать принцип улучшения качества воды, ограничение всех видов загрязнения.

Программа 5. Разработать и реализовать межгосударственные программы «Чистая вода» и «Здоровье».

Программа 6. Провести необходимые водохозяйственные и экологические исследования и осуществить меры по оздоровлению обстановки в зоне формирования стока.

Программа 7. Оснастить техническими средствами водохозяйственные объединения «Сырдарья» и «Амударья».

Главными (по порядку приоритетности) проблемами управления водными ресурсами являются:

1. Надежное снабжение населения чистой питьевой водой.
2. Мониторинг качества воды и предотвращение загрязнения из разных источников.
3. Очистка загрязненных водоемов, в частности Малого Арала.

В Национальном плане действий по охране окружающей среды для устойчивого развития Республики Казахстан (НПДООС/УР), в реализуемом Проекте по управлению водными ресурсами и окружающей средой бассейна Аральского моря (GEF) перечисленные приоритеты дополняются действиями по решению остальных экологических проблем, в частности, сохранению биоразнообразия, восстановлению пастбищ и орошаемых земель.

Истощение водных ресурсов в Аральском регионе является прямым результатом чрезмерной их эксплуатации на нужды ирригации и гидроэнергетики. Поэтому вполне естественно, что любая форма экологической реабилитации будет решающим образом зависеть от улучшения качества вод, ежегодно поступающих в дельты Амударьи и Сырдарьи. Следовательно, в дельты должен поступать минеральный и биологический сток, который будет определяться и контролироваться независимым органом, ответственным за выполнение соглашений по водodelению в республиках Центральной Азии. Для успешного внедрения подобных планов (политические соглашения отдельно) необходимы следующие мероприятия:

- принятие соглашений по оптимальному водораспределению между всеми государствами бассейна для рационального управления водными ресурсами Аральского бассейна. Необходимыми средствами являются согласованные и достоверные модели управления водными ресурсами, основанные на правилах баланса масс и работающие в реальном масштабе времени, а также утвержденные базы данных;
- открытый обмен существующими и новыми данными по рекам, озерам, водохранилищам и групповым водам бассейна;
- упорядочение существующих норм водопотребления для целей ирригации, гидроэнергетики, учета потерь воды;
- меры по обеспечению эффективной утилизации дефицитных водных ресурсов.

На принципах взаимопонимания и добрососедства осуществляется взаимодействие между Казахстаном и Россией. На десятом заседании Казахстанско-Российской Комиссии по совместному использованию и охра-

не трансграничных водных объектов, состоявшемся 9 - 11 октября 2001 г. в г. Тюмени, рассмотрены вопросы мониторинга трансграничных вод, режимов работы водохранилищ, ход подготовки "Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов р. Ишим", водохозяйственный баланс рек Большой и Малый Узени, ремонтно-восстановительные работы на гидротехнических сооружениях Варфоломеевского водохранилища и т.д. Следует особо отметить, что в ходе встречи российская сторона подтвердила свое намерение о долевым участии в финансировании реконструкции второго гидрогенератора Сергеевского водохранилища.

Продолжается работа по урегулированию водных отношений с Китайской Народной Республикой. С 16 по 23 июня 2001 года в КНР состоялось второе заседание Совместной рабочей группы экспертов по трансграничным рекам между Республикой Казахстан и Китайской Народной Республикой. Совместная рабочая группа признала и протокольно закрепила список трансграничных рек и перечень гидрохимических параметров, по которым будет производиться обмен информацией, а также согласовала методы измерений и расчетов. Достигнуто принципиальное согласие на будущем третьем заседании Совместной рабочей группы впервые приступить к обсуждению вопросов перспектив водохозяйственного строительства в двух государствах. Члены Совместной рабочей группы осмотрели водохозяйственные объекты на реке Иртыш, расположенные на Китайской территории и территории Республики Казахстан. В ходе официального визита 12-13 сентября 2001 г. Премьера Госсовета КНР Чжу Жунцзи в Казахстан подписано Соглашение между Правительствами Республики Казахстан и Китайской Народной Республики о сотрудничестве в сфере использования и охраны трансграничных рек.

Основные подходы к решению проблем рационального использования водных ресурсов.

Эффективность охраны водных ресурсов, также как их рационального использования, в значительной степени зависит от правового регулирования водных отношений. Именно на этой основе следует добиваться благоприятного состояния водной среды, обеспечить бережное и рациональное использование водных ресурсов. Одним из способов, направленных на повышение эффективности использования водных ресурсов и их охраны, является введение платного водопользования, создающего предпосылки по воспроизводству этих ресурсов на надежной экономической базе.

Поиск оптимального баланса между ирригацией и гидроэнергетикой, обеспечение равных условий водопользования на трансграничных реках для государств региона, главная задача, требующая выработки согласованной политики в управлении водными ресурсами. Поэтому достижение поставленной цели будет зависеть от последовательного сближения национального законодательства с международными правовыми нормами в области управления водными ресурсами. Создание такой правовой базы, которая опиралась бы на международный опыт, должно, несомненно, учитывать региональные условия. Следует укреплять региональное сотрудничество на основе международной практики управления трансграничными реками. Руководящие принципы и правовые нормы международных конвенций и соглашений, должны способствовать позитивным достижениям в урегулировании сложных вопросов совместного водопользования.

Международный опыт в области водных отношений наглядно свидетельствует о том, что только на основе общности правовых позиций, взаимного соблюдения уважения интересов, можно обеспечить региональную стабильность, решение проблем совместного управления и охраны водных ресурсов трансграничных рек и тем самым успешно решать проблемы продовольственной безопасности в регионе. В этом плане показателен пример решения вопросов вододеления между Индией и Пакистаном, когда многолетний спор был решен благодаря посредничеству Всемирного Банка.

Выработка правового механизма с учетом международного опыта по совместному управлению водными ресурсами является основой разрешения многочисленных противоречий в использовании водных ресурсов Центральной Азии как на региональном, так и на национальном уровнях. Устойчивое экономическое развитие региона зависит от эффективного межгосударственного взаимодействия и сотрудничества, требуя для этого совершенствования правовой базы в сфере водных отношений.

Исходя из такого понимания, межгосударственное использование водных ресурсов в Центральной Азии должно основываться, в первую очередь, на общепринятых в международной практике конвенциях или рамочных соглашениях, поскольку они, как правило, имеют всеобъемлющий характер, фиксируя общие для всех государств-участников обязательства, но при этом не ограничивают договаривающиеся стороны перечислением запрещенных действий. Именно на базе таких конвенций, как «Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и ме-

ждународных озер, от 1992 г», «Конвенция о праве несудоходных видов использования международных водотоков от 1997 г», должен развиваться процесс регулирования межгосударственных отношений в области совместного использования водных ресурсов в регионе. Эти нормы межгосударственного права устанавливают общие принципы поведения государства в совместном использовании трансграничных вод и имеют важное значение для обеспечения равных законных прав государств-водопользователей.

Необходимо отметить, что Казахстан является единственной из стран Центральной Азии, присоединившейся к Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков, которую ратифицировал 23.10.2000 г. Признание остальными государствами Центральной Азии этой конвенции следует рассматривать одним из важных этапов в системе межгосударственных отношений, регулирующих совместное использование водных ресурсов. В дальнейшем это позволит выработать единый подход к субъектам международного права или участникам договорного процесса стран Центральной Азии.

То, что остальные государства Центральной Азии не примкнули к «Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер» никоим образом не должно отражаться на характере межгосударственных отношений в области водных ресурсов и на многосторонних (двусторонних) межправительственных соглашениях о совместном использовании водных ресурсов. Но было бы юридически обоснованным, если бы все стороны руководствовались общими нормами международного права в области совместного использования и охраны водных ресурсов.

На многие сложные вопросы, связанные с вододелением стока рек бассейна Аральского моря, могут быть найдены ответы в результате выполнения Подкомпонента А1 Проекта GEF «Управление водными ресурсами и окружающей средой». В частности, мы ожидаем, что по завершении работ над проектом будут согласованы статусы трансграничных и национальных водотоков, даны рекомендации по санитарно-экологическим попускам и их конкретным величинам по рекам, отражены состояние и перспективы энергетики, спрос на электроэнергию и энергоресурсы, а также ценовой фактор, базирующийся на реальной стоимости энергоресурсов, разработаны методология и критерии по возмещению государствам потерь и убытков от нерационального водопользования, рекомендации по лимитам водозаборов странами, основанные на нормах международного водного права, существующих положениях межгосударственных и межправительственных со-

глашений, лимитах, утвержденных Госпланом СССР, а также на опыте доделения между странами за последние 10 лет, даны рекомендации по дальнейшей судьбе Аральского моря.

### **Мероприятия по рациональному использованию и увеличению располагаемой доли естественных водных ресурсов.**

- Увеличение располагаемых водных ресурсов возможно путем их рационального использования, а также увеличением количества и качества водохранилищ;
- Необходимо решить приоритетные задачи в сфере социальных и экономических проблем;
- Основные мероприятия должны быть направлены на улучшение состояния водных источников и связанной с ним охраной окружающей среды путем реализации не капиталоемких организационных, институциональных, административных, технических и других мер. Капиталоемкие объекты, важные для жизнедеятельности населения, региона и республики, должно быть поддержаны государством (сфера водоснабжения);
- Нарастание дефицита в водохозяйственном балансе в отдельных регионах страны, требует проведения анализа и учета в развитии и размещении производительных сил, определении уровня и структуры водопотребления с учетом хозяйственной значимости;
- Изыскание и модернизация новых источников водоснабжения;
- Качественное истощение водных ресурсов, связанное с их загрязнением отходами, отрицательно сказывается задолго до количественного дефицита, активная борьба с загрязнением вод снимет напряженность водохозяйственного баланса, способствуя сокращению его расходной части;
- Решающее значение приобретает внедрение повторного и многократного использования воды в промышленности, а также поиск принципиально новых, безотходных технологических схем, включая и сухие, т.е. не требующие воды способы переработки материалов;
- Остается актуальным и создание специальной государственной системы управления водными ресурсами, регулирования их использования, планирования водохозяйственных мероприятий с использованием экосистемных методов;
- Необходим поэтапный, последовательный и согласованный подход всех участников к решению проблем водосбережения;



- Через систему прямых и косвенных административных, экономических, юридических и организационно-хозяйственных методов остановить тенденцию к расточительному водопользованию и создать мотивации, побуждающие население и водопотребителей к сбережению водных ресурсов, которому нет альтернативы;
- Стимулирование рационального водопользования, поощрение мер по ресурсосбережению и проведению собственных природоохранных мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения;
- Сверхнормативное потребление воды, сбросы, нарушение условий водопользования должны облагаться штрафами, ощутимыми для водопользователей и быть выше стоимости проведения водоохранных мероприятий.
- Предоставление в распоряжение предприятий всей прибыли от экономии воды и утилизации ценных веществ из сточных вод;
- Введение поощрительных цен и надбавок за водохозяйственное оборудование и экологически чистую продукцию.
- Проведение информационно-пропагандистской работы о благотворном влиянии водосбережения на состояние водных ресурсов.
- Создание при крупных водохозяйственных организациях наблюдательных советов из представителей общественности, принимающих непосредственное участие в разработке водной политики и интерактивном планировании деятельности организаций;
- В долгосрочной перспективе возможно увеличение располагаемой доли водных ресурсов за счет уменьшения потерь из водохранилищ на испарение и фильтрацию.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды РК

## ҚАЗАҚТАННЫҢ СУ РЕСУРСТАРЫ: ПРОБЛЕМАЛАРЫ ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУ КЕЛЕШЕГІ

А.Д. Рябцев

Геогр. ғылымд. канд.

С.К. Ахметов

*Қазақстанның су ресурстары бойынша мәліметтер келтіріліп, су пайдалану және судың ластануы мәселелері, Арал теңізі мәселесі қарастырылады. "Қазақстан Республикасының экономиканың су секторының және су шаруашылығы саясатының 2010 жылға дейінгі дамуы концепциясының" мазмұны беріледі. Трансшекаралық өзендерді ұтымды пайдалану және оларды қорғау мәселелері бойынша халықаралық ынтымақтастық тәжірибесі әңгімеленеді. Табиғи су ресурстарын ұтымды пайдалану және олардың үлесін молайту шаралары ұсынылады.*

УДК 551.311.8:551.583 (235.216):627.141.1

## КЛИМАТ ГОЛОЦЕНА И СЕЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ НА СЕВЕРНОМ СКЛОНЕ ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ

Доктор геогр. наук

Б.С. Степанов

Канд. геогр. наук

Р.К. Яфязова

*Изменение климата, в частности увеличение глобальной температуры на 2,5-3 °С, приведет к многократному увеличению повторяемости селевых явлений гляциального и дождевого генезисов. В такой ситуации защита от селей с помощью глухих плотин становится не только неэффективной, но даже опасной. Основная роль в селезащите должна принадлежать превентивным мероприятиям. Изменение стратегии позволит значительно сократить расходы на противоселевые мероприятия.*

Стратегия борьбы с катастрофическими природными явлениями, в том числе и селями, определяется масштабами этих явлений, их повторяемостью. Так как мощные сели, при современных климатических условиях, явление достаточно редкое, а достоверные количественные данные о расходах и объемах селей, их повторяемости, как правило, отсутствуют, то при обосновании защитных мероприятий селевые явления стараются увязать с гидрометеорологическими факторами, определяющими возможность возникновения селей. Так, при проектировании селезащитной плотины в урочище Медеу "...Основным параметром, определившим компоновку и конструкцию сооружений, стала расчетная емкость селехранилища, которая должна была обеспечивать задержание расчетного селевого потока ливневого происхождения, вызванного осадками повторяемостью один раз в 10 тысяч лет" [8].

Максимальный расход ( $Q_{max}$ ) и объем ( $W$ ) гляциальных паводков, вызываемых прорывом озер в зоне современного оледенения, рассчитываются (независимо от наличия озер на дату обследования) по формулам [4]

$$Q_{max} = 220(F - 0,5)^{0,8},$$

$$W = 0,31(F - 0,5) \cdot 10^6,$$

где  $F$  - площадь наиболее крупного ледника в конкретном речном бассейне, км<sup>2</sup> (при  $F \leq 0,5$  км<sup>2</sup> расчет производится на случай ливневого обводнения).

Подобный подход к оценке селевой опасности вряд ли можно считать удовлетворительным. Во-первых, сель – явление многофакторное, во-вторых, гидрометеорологические характеристики получают путем статистической обработки относительно коротких рядов наблюдений, которые характеризуют климатические условия периода времени, за который и получены упомянутые ряды. Селезащитные сооружения должны служить сотни лет, за это время климат может радикально изменяться, поэтому оценка срока службы селезащитных сооружений должна осуществляться с учетом вероятных сценариев изменения климата.

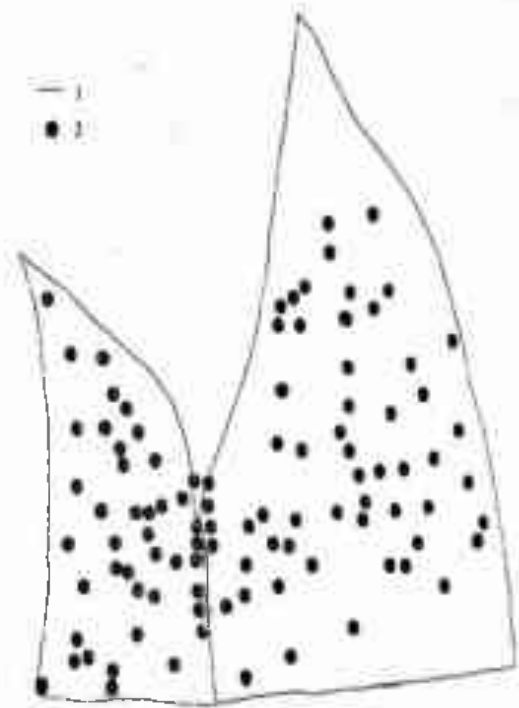
Результаты исследований последних лет [6, 9] показали, что селевая активность в Тянь-шаньском регионе чутко реагирует на незначительное изменение глобальной температуры. Так, при понижении глобальной температуры на 1 °С относительно современной, вследствие активизации оледенения, практически затухает селевая деятельность, связанная с гляциальными процессами. И это несмотря на то, что площадь ледников в период рискового оледенения практически в 5 раз превышала современную. Значительно уменьшается вероятность формирования мощных селей дождевого генезиса, так как в зоне их зарождения ливневые осадки выпадают в основном в виде града и снега, уменьшаются площади активного стокообразования и т.д. И, наоборот, увеличение глобальной температуры на 2-3 °С приведет к резкому увеличению селевой активности по сравнению с наблюдавшейся в XX веке. И это при том, что селевая активность в 20 веке в десятки раз превышала ее среднее значение в голоцене [10]; поэтому реконструкция селевой деятельности, увязка ее с климатическими условиями представляет большой научный и практический интерес. Особую актуальность такие исследования приобретают в периоды, характеризующиеся изменением климата.

Ценнейшими банками данных о селевой активности являются конусы выноса, образовавшиеся в результате выхода селей на предгорную равнину [10]. Однако их расшифровка не тривиальна и в некоторых случаях требует больших затрат материальных ресурсов.

В 1999-2000 гг. сотрудниками КазНИИМОСК была предпринята попытка оценить объем вынесенных наносов, отложившихся на конусах выноса рек Большая и Малая Алматинки в голоцене. За таковой принимались отложения, перекрывающие лессовый покров, сформировавшийся в период вюрмского оледенения. Этот покров, в свою очередь, перекрывает

селевые и аллювиальные отложения, образовавшиеся в рисс-вюрмском межледниковье. Если представлялась возможность, измерялась мощность этого лессового покрова. Объектами – источниками данных о мощности селевых и аллювиальных отложений, а также мощности лессового покрова являлись котлованы, траншеи, ямы, откосы, промоины и т.д. Это позволило свести к минимуму затраты на ручное бурение и проходку шурфов. Поскольку поверхность, подстилающая лессы, из-за наличия камней, гальки и т.д. была неровной, погрешность измерения мощности лессового покрова составляла  $\pm 0,1$  м; там, где измерить мощность лесса не представлялось возможным из-за недостаточной глубины выемки, давалась минимальная оценка. Данные о расположении точек, в которых определялись мощности наносов и лессового покрова нанесены на схему конусов выноса рек Малая и Большая Алматинки (рис.1).

Рис.1. Схема расположения точек, в которых определялась мощность лессового покрова, селевых и аллювиальных отложений на конусах выноса рек Малая и Большая Алматинки. 1-граница конуса выноса; 2-место оценки мощности.



Результаты упомянутой оценки оказались неожиданными: большая часть площадей конусов выноса (более 80 %) перекрыта лессовыми отложениями, мощность которых изменяется от десятых долей метра до пяти метров. Мощность селевых отложений, перекрывающих на незначительной части площадей конусов выноса лессовый покров, - от долей метра до 1,2 м.

С большой степенью достоверности можно утверждать, что объем селевых отложений голоцена на конусе выноса р. Малая Алматинка не превышает 3 млн м<sup>3</sup>, а на конусе выноса р. Большая Алматинка - 4 млн м<sup>3</sup>. Имеющаяся информация свидетельствует о том, что выносы селей и на конусы других рек северного склона Заилийского Алатау весьма незначительны.

Если сравнить объем селевых отложений в голоцене на конусе выноса р. Малая Алматинка с объемом селевых отложений в рисс-вюрмское межлед-

никовые, составившим, по нашим оценкам, 1-1,2 млрд м<sup>3</sup>, нетрудно прийти к выводу, что в голоцене селевая активность крайне незначительно отразилась на состоянии конусов выноса, замыкающих горные долины. Отлично сохранились и морены вюрмского оледенения, заканчивающиеся на северном склоне Заилийского Алатау на высоте 2500-3000 м. Большинство врезов на этих моренах образовались в 20 веке.

Незначительные объемы селевых отложений на конусах выноса, расположенных на предгорной равнине, а также слабая разрушенность конечных морен вюрмского оледенения могут быть объяснены следующим образом. Анализируя содержание рис. 2, нетрудно заметить "...чрезвычайную резкость потеплений...", обуславливающих "...стремительное таяние ледниковых щитов, завершавшееся всего за 1000 лет..." [3]. Судя по всему, оледенение Тянь-Шаня сокращалось столь же быстро.

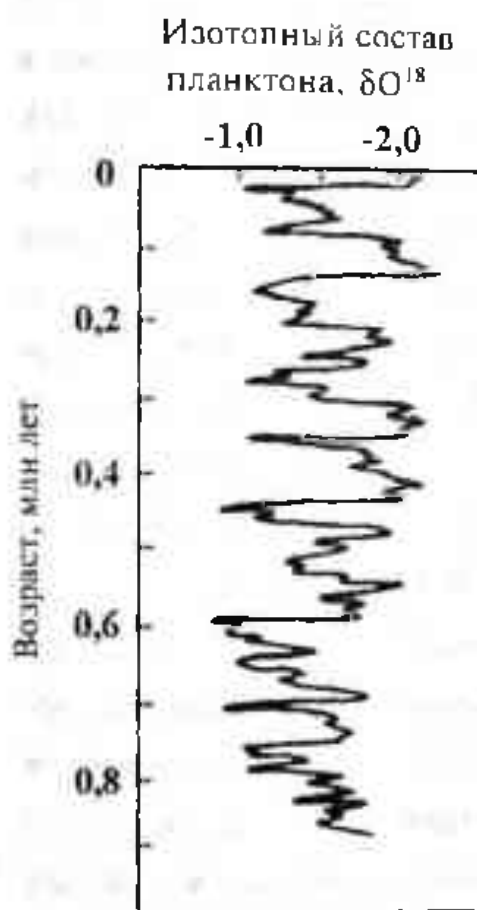


Рис.2. Значения изотопного отношения кислорода  $\delta O^{18}$  в колонке глубоководных осадков из Тихого океана по Н. Шектону и Н. Опдайку [3].

Длительная фаза стабилизации ледников и короткая - их отступления должны были приводить к образованию рельефа, подобного тому, который формировался на равнинах Европы в ходе материкового оледенения. У конца ледника откладывалась конечная морена, имеющая вид сплошных или прерывистых валов, шириной до нескольких километров и высотой в несколько десятков метров, простирающаяся параллельно краю бывшего ледника. В ходе деградации оледенения формировалась зона основной или донной морены мощностью до 10 м. Столь большая разница в мощностях конечной и донной морен объясняется относительно малым временем накопления рыхлообломочных пород в ходе быстрого отступления ледника.

Однако такого отличия в мощностях конечных и основных морен северного склона Заилийского Алатау не наблюдается. Судя по сохранившимся фрагментам морен ледника, существовавшего в максимуме оледенения рисского ледникового периода в бассейне р. Малая Алмагинка, наносы (воспринимаемые как основная морена), отложившиеся в ходе отступления ледника в

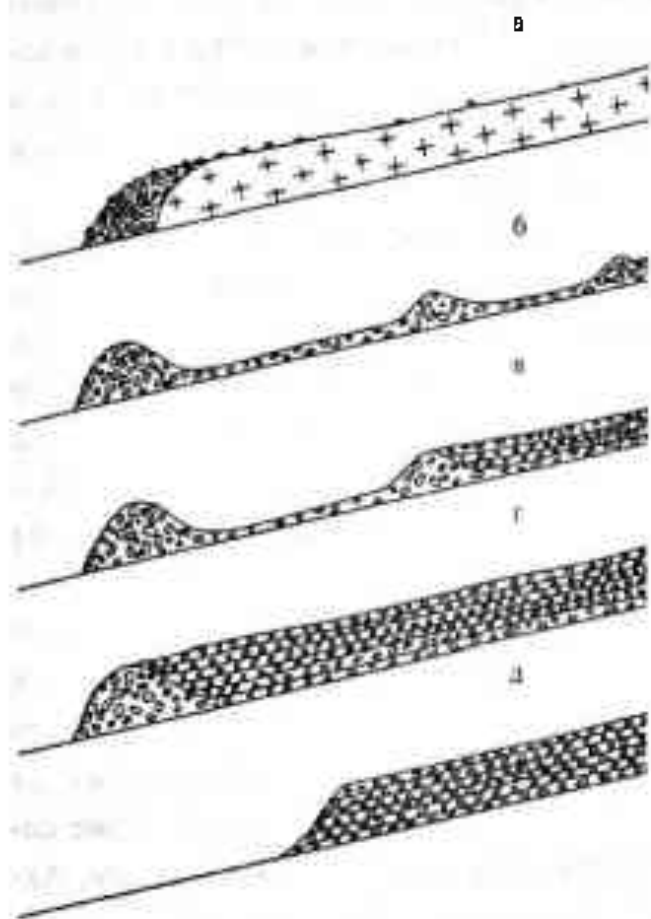
рисс-вюрмское межледниковье, имели практически ту же мощность, что и конечная морена. Отложения наносов с такими характеристиками не могли образоваться путем отложения ледником моренного материала при отступании ледника. По данным Г.А. Токмагамбетова [7] транспортирующая деятельность ледников в описываемом районе относительно невелика. Так, ледник Центральный Туюксуйский в период с 1957 по 1959 гг. вынес около 1000 т твердого материала, следовательно, годовой вынос не превышал  $150 \text{ м}^3$ . Если даже в ледниковый период за счет увеличения площади оледенения транспортирующая деятельность возрастала в 10 раз, то годовой вынос твердого материала составлял не более  $1500 \text{ м}^3$ , а вынос за 1000 лет -  $1,5 \text{ млн м}^3$ . Это значение почти в 300 раз меньше объема материала, накопившегося за конечной мореной.

Наиболее вероятен следующий механизм выравнивания мощностей упомянутых морен. Различные фазы формирования и трансформации морен изображены на рис.3. По завершении фазы наступания ледника в период его стабилизации формируется мощная конечная морена (рис. 3а), представляющая для образующегося выше жидкого и твердого стока нечто подобное плотине, перегораживающей ущелье. По мере отступания ледника в межледниковый период образуются основная морена и относительно небольшие конечные морены, обязанные остановкам отступающего ледника (рис. 3б). Сели, возникающие при прорыве озер моренно-ледниковых комплексов, а также сели дождевого генезиса заполняют емкости, образуемые конечными моренами. По мере переполнения емкостей возможны разрушение морен и вынос накопившегося материала в емкости, образуемые ниже расположенными конечными моренами (рис. 3в). Эти процессы продолжают до тех пор, пока не заполнится емкость, образуемая наиболее мощной конечной мореной (рис. 3г). После заполнения этой емкости рыхлообломочные породы, слагающие конечную морену и накопившиеся за ней селевые отложения, принимают участие в селевых явлениях, зарождающихся в высокогорье, значительно увеличивая их масштабы (рис. 3д).

Примером сказанного могут служить фрагменты отложений наносов в бассейне р. Малой Алматы, сохранившиеся в высотном интервале 1800-2600 м (Горельник-Ворота Туюксу); основной вынос наносов из упомянутой емкости, объемом не менее  $0,5 \text{ км}^3$ , произошел в рисс-вюрмское межледниковье.

Хорошо сохранившаяся емкость, образованная мореной вюрмского оледенения и заполненная рыхлообломочными отложениями селей, находится в бассейне р. Малой Алматинки выше Ворот Туюксу. Таков, скорее всего, и механизм образования мощной толщи рыхлообломочных отложений (100-150 м), находящейся под современным ледн. Туюксу.

*Рис.3. Отложение наносов за конечной мореной. Формирование конечной морены (а); образование основной и небольших конечных морен (б); заполнение емкости, образованной небольшой конечной мореной (в); заполнение емкости, образованной конечной мореной (г); разрушение конечной морены и наносов, отложившихся за ней (д).*



Поэтапным во времени и пространстве переносом наносов может быть объяснен и относительно малый объем выноса наносов на конусы, расположенные на предгорной равнине, в голоцене. В настоящее время емкости, образованные моренами, заполнены и созданы предпосылки для одноэтапного переноса наносов из верхнего яруса накопления на конусы предгорий.

С учетом сказанного выше, картина наиболее вероятного изменения селевой активности в голоцене выглядит следующим образом. Стремительное потепление климата, завершившее период вюрмского

оледенения, привело к столь же быстрому сокращению оледенения северного склона Заилийского Алатау. Такой характер дегляциации не благоприятствовал формированию емкостей моренно-ледниковых комплексов, прорыв которых мог вызвать сели катастрофических масштабов. Условия, благоприятствующие образованию мощных селей, сложились лишь к периоду, получившему название климатического оптимума и имевшего место 4,5-8 тыс. лет назад. В отдельные отрезки времени, продолжавшиеся около 100 лет, глобальная температура могла превышать современное значение на 0,5-1 °С при этом создавались условия для формирования селей как гляциального, так и дождевого генезисов. Однако сели, зарож-

давшиеся и развивавшиеся в высокогорной зоне, задерживались конечными моренами вюрмского оледенения, в результате чего происходило накопление наносов в высотном интервале 2500-3000 м.

Дальнейший период времени, длившийся до окончания Малого ледникового периода, характеризовался чередованием относительно непродолжительных периодов похолодания и потепления климата, свидетельством чего являются стадильные глобально-региональные морены (до 3-4 стадий [2, 5]), отвечающие положениям ледников в периоды их наступления. В теплые периоды происходила активизация селей дождевого гляциального генезисов в высокогорной зоне. Там, где емкости, образованные конечными моренами вюрмского оледенения, оказались заполненными, мощные сели получили возможность выхода на конусы выноса, расположенные на предгорной равнине. В результате наступившего затем Малого ледникового периода селевая активность снизилась, однако это снижение относилось, прежде всего, к уменьшению вероятности возникновения мощных селей. Средние и малые по масштабам сели, отлагавшиеся в пределах горной зоны, формировались и в относительно холодные периоды голоцена. Так, по данным Р.И. Белогривцевой [1] наиболее древний сели в бассейне р. Чемолган, зафиксированный ею в ходе дендрохронологических исследований, датируется 1746 г., такой же возраст имеют селевые отложения Чертового ущелья (данные лихенометрии), расположенного в бассейне р. Малая Алматинка. Всего за период с 1746 по 1972 гг. в бассейне р. Чемолган Р.И. Белогривцевой зафиксировано 14 селей, при этом максимальный межселевой период составляет 59 лет, минимальный - 6 лет. Практически все эти селевые потоки отложились у основания морены рисского оледенения в высотном интервале 2000-2200 м.

Мы не располагаем подробной информацией о мощности селевых отложений в голоцене и лессового покрова вюрма на конусах выноса других рек северного склона Заилийского Алатау. Однако даже на топографических картах масштаба 1:100 000 и крупнее видно, что западная часть конуса выноса р. Каракастек перекрыта лессом мощностью 10-15 и более метров. То же самое можно сказать и о восточной части конусов выноса рек Узункаргалы, Аксай, Талгар и Иссык. Как показали рекогносцировочные обследования, отложения селей голоцена на упомянутых конусах выноса занимают не более 20% площадей, а их мощность не превышает первых метров.

Если прогнозируемое потепление климата произойдет в ближайшие десятилетия, реализуемая в настоящее время стратегия защиты от селей, в основе которой лежит задержание селей в горной зоне с помощью плотин, окажется неэффективной, так как потребует вложения средств, намного превышающих возможности государства. Многократное снижение затрат на обеспечение селевой безопасности возможно, если существующая стратегия будет заменена стратегией, в основе которой лежит превентивное воздействие на селеформирующие факторы.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белогривцева Р.И. Определение возраста селевых отложений в бассейне р. Чемолган дендрохронологическим методом // Селевые потоки. - 1976. - №1. - С. 53-59.
2. Мелеуов А., Колотилин Н.Ф., Керемкулов В.А. Сели Казахстана. - Алматы: Галым, 1993. - 160 с.
3. Монин А.С. История Земли. - Л.: Наука, 1970. - 228 с.
4. П-814-84. Рекомендации по проектированию противоселевых защитных сооружений. - М.: Гидропроект, 1985. - 110 с.
5. Соломина О.Н. Недавняя история ледников Тууюксу // Материалы гляциологический исследований. - М., 1997. - Вып.83. - С. 81-88.
6. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. О роли климата в селевой активности северного склона Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 4. - С. 46-59.
7. Токмагамбетов Г.А. Ледники Заилийского Алатау. - Алма-Ата: Наука, 1976. - 367 с.
8. Хегай А.Ю. Укрощение "черного дракона". - Алматы: Казахстан, 1988. - 72 с.
9. Яфязова Р.К. Влияние климата на селеформирующие факторы // Гидрометеорология и экология. - 1997. - № 3. - С. 209-216.
10. Яфязова Р.К. Основные закономерности формирования селевых конусов выноса (на примере северного склона Заилийского Алатау): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. - Алматы, 1998. - 21 с.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

### ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ СОЛТҮСТІК БЕТКЕЙІВДЕГІ ГОЛОЦЕН КЛИМАТЫ ЖӘНЕ СЕЛ БЕЛСЕНДІЛІГІ

Геогр. ғылымд. докторы      Б.С. Степанов

Геогр. ғылымд. канд.        Р.К. Яфязова

*Климаттың өзгеруі, атап айтқанда, глобалды температураның 2,5-3 градусқа көтерілуі гляциалды және жауын-шашынды генезисті селдердің көп мәрте қайталануына апарып соғады. Бұндай жағдайда селдерден тас бөгеттер көмегімен сақтану тиімсіз ғана емес, қауіпті де болады. Селден сақтануда негізгі рөл превентивті шараларға берілуі тиіс. Стратегияны өзгерту селге қарсы шараларға кететін шығындарды қысқартуға мүмкіндік береді.*

УДК 556.555.3(282.255.51)

## ОЦЕНКА МЕСЯЧНОГО БОКОВОГО ПРИТОКА РЕЧНЫХ ВОД В КАПШАГАЙСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Канд. геогр. наук  
Канд. техн. наук  
Канд. геогр. наук

И.И. Скоцеляс  
В.И. Ли  
В.П. Попова  
С.А. Ерисковский

*Изложена методика оценки месячного бокового притока речных вод в Капшагайское водохранилище. Приведены результаты анализа его многолетних изменений.*

Ранее авторами опубликованы методика и результаты определения бокового притока речных вод в Капшагайское водохранилище за годовые интервалы времени [1]. Данная работа посвящена не менее важному вопросу - оценке месячных значений этого притока и их изменения в многолетнем разрезе.

Оценка месячного бокового притока воды в Капшагайское водохранилище производилась на основе информации о стоке в устьях рек, содержащейся в "Основных гидрологических характеристиках" и последующих справочных изданиях Казгидромета. Дополнительно привлекались данные о средних месячных расходах воды, полученные Казгипроводхозом по наблюдениям за стоком на устьевых участках рек в 1986 и 1987 годах. В случаях отсутствия фактических сведений о месячном стоке в устьях рек последний определялся с помощью изложенной ниже методики. При разработке этой методики, кроме перечисленных материалов наблюдений, использовались также рассчитанные значения расходов воды рек Мал. Алматинка и Есик, приведенные за ряд лет в диссертационной работе Ж. Д. Достоева [2].

Анализ имеющихся данных о стоке в устьях рек Каскелен, Мал. Алматинка, Есик и Шилик, стекающих с северного склона Заилийского Алатау и впадающих в Капшагайское водохранилище с юга, показал, что нередко существуют достаточно удовлетворительные корреляционные связи между месячными и годовыми значениями. Для некоторых зимних

месяцев выявлены также приемлемые для расчетов связи со стоком предшествующих месяцев. В то же время зависимости между месячным стоком в устьях и у выхода рек из гор из-за наличия водозаборов и естественных потерь речных вод на конусах выноса прослеживаются, как правило, слабо. Тем не менее для переходных периодов года и зимних месяцев их учет иногда позволяет повысить точность расчетов месячного стока.

Для определения средних месячных расходов воды в устье р. Шилик в случае отсутствия данных наблюдений использовались выражения корреляционных связей, приведенные в табл. 1. В этих выражениях приняты следующие обозначения:  $Q_{y, r}$  и  $Q_{y, r}$  - соответственно средний месячный и средний годовой расход воды в устье р. Шилик, м<sup>3</sup>/с;  $Q_m$  - средний месячный расход воды р. Шилик у с. Малыбай, м<sup>3</sup>/с. Индексы 1...12 (здесь и во всех остальных приведенных выражениях) соответствуют номерам месяцев календарного года.

Таблица 1  
Корреляционные связи для расчета месячного стока в устье р. Шилик

Месяц	Вид корреляционной связи	Коэффициент корреляции
Январь	$Q_{y, 1} = 1,01 Q_{y, r} - 0,18$	0,95
Февраль	$Q_{y, 2} = 0,91 Q_{y, r} + 0,70$	0,95
Март	$Q_{y, 3} = 0,61 Q_{y, r} + 1,23$	0,87
Апрель	$Q_{y, 4} = 0,31 Q_{y, r} + 0,08 Q_{m, 4} - 1,37$	0,79
Май	$Q_{y, 5} = 0,68 Q_{y, r} + 0,14 Q_{m, 5} - 7,20$	0,72
Июнь	$Q_{y, 6} = 1,46 Q_{y, r} + 0,18 Q_{m, 6} - 14,3$	0,85
Июль	$Q_{y, 7} = 1,91 Q_{y, r} - 2,05$	0,89
Август	$Q_{y, 8} = 2,33 Q_{y, r} - 1,24$	0,90
Сентябрь	$Q_{y, 9} = 1,38 Q_{y, r} + 0,32 Q_{m, 9} - 17,1$	0,96
Октябрь	$Q_{y, 10} = 0,75 Q_{y, r} + 0,18$	0,80
Ноябрь	$Q_{y, 11} = 0,74 Q_{y, r} + 1,81$	0,81
Декабрь	$Q_{y, 12} = 0,55 Q_{y, r} + 0,47 Q_{m, 12} - 0,85$	0,87

Теснота корреляционных связей для р. Шилик в основном хорошая. Об этом свидетельствуют достаточно высокие значения их коэффициентов корреляции.

Средние месячные расходы воды в случае отсутствия данных наблюдений в устье р. Каскелен до существования Капшагайского водохра-

нилища определялись с помощью выражений, приведенных в табл. 2. В этих выражениях  $Q_{y, \Gamma}$  и  $Q_{y, \Gamma}$  - соответственно средний месячный и средний годовой расходы воды в устье р. Каскелен, м<sup>3</sup>/с;  $\sum Q'$  - сумма средних месячных расходов воды р. Каскелен у г. Каскелен, р. Бол. Алматинка у выхода из гор. р. Мал. Алматинка у г. Алматы, р. Аксай у с. Аксай и р. Шемолган у с. Шемолган, м<sup>3</sup>/с;  $\sum Q'_\Gamma$  - сумма средних годовых расходов воды в этих же створах, м<sup>3</sup>/с.

Таблица 2

Корреляционные связи для расчета месячного стока в устье р. Каскелен до создания Капшагайского водохранилища

Месяц	Вид корреляционной связи	Коэффициент корреляции
Январь	$Q_{y, 1} = 1,58 \sum Q'_{\Gamma} + 0,20 Q_{y, \Gamma}$	0,77
Февраль	$Q_{y, 2} = 1,20 Q_{y, 1} - 0,33$	0,71
Март	$Q_{y, 3} = 1,62 Q_{y, \Gamma} + 3,67$	
Апрель	$Q_{y, 4} = 1,69 Q_{y, \Gamma} - 4,46$	
Май	$Q_{y, 5} = 1,74 Q_{y, \Gamma} + 0,37 Q_{y, 4} - 20,3$	0,92
Июнь	$Q_{y, 6} = 2,39 Q_{y, \Gamma} - 27,1$	0,86
Июль	$Q_{y, 7} = 0,35 Q_{y, \Gamma} + 2,99$	0,84
Август	$Q_{y, 8} = 0,79 Q_{y, \Gamma} + 0,34 \sum Q'_{\Gamma} - 5,61$	0,81
Сентябрь	$Q_{y, 9} = 1,12 Q_{y, \Gamma} - 7,14$	0,90
Октябрь	$Q_{y, 10} = 1,15 Q_{y, \Gamma} - 1,89$	0,84
Ноябрь	$Q_{y, 11} = 1,05 Q_{y, \Gamma} + 5,47$	0,82
Декабрь	$Q_{y, 12} = 0,94 Q_{y, \Gamma} - 2,62$	0,80

Корреляционные связи для р. Каскелен, относящиеся к месяцам с мая по декабрь, являются достаточно тесными. Их коэффициенты корреляции равны не менее 0,80. Теснота связей для января и февраля удовлетворительная, и лишь для марта и апреля она сравнительно слабая. Поэтому для марта и апреля сток определялся с помощью приближенных выражений, отражающих только тенденции его изменения.

После создания Капшагайского водохранилища при отсутствии данных наблюдений в устье р. Каскелен средние месячные расходы воды рассчитаны по выражениям, приведенным в табл. 3. В этой таблице приняты обозначения:  $\sum Q'$  - сумма средних месячных расходов воды

р. Каскелен у г. Каскелен, р. Бол. Алматинка у выхода из гор, р. Аксай у с. Аксай и р. Шемолган у с. Шемолган, м<sup>3</sup>/с;  $\sum Q'_r$  - то же средних годовых расходов воды, м<sup>3</sup>/с.

Таблица 3

Корреляционные связи для расчета месячного стока в устье р. Каскелен в период после создания Капшагайского водохранилища

Месяц	Вид корреляционной связи	Коэффициент корреляции
Январь	$Q_{y,1} = 0,71 Q_{y,12} + 0,28 Q_{y,r} + 0,10$	0,70
Февраль	$Q_{y,2} = 0,74 Q_{y,1} + 0,40 Q_{y,r} + 0,19$	0,95
Март	$Q_{y,3} = Q_{y,1} (5,59 \sum Q'_3 / \sum Q'_r - 1,41)$	0,77
Апрель	$Q_{y,4} = 1,64 \sum Q'_4 + 0,58 Q_{y,3} - 12,3$	0,75
Май	$Q_{y,5} = 0,97 Q_{y,r} + 0,66 \sum Q'_5 - 8,53$	0,90
Июнь	$Q_{y,6} = 1,88 Q_{y,r} + 0,38 \sum Q'_6 - 14,0$	0,93
Июль	$Q_{y,7} = 1,11 Q_{y,r} + 0,14 \sum Q'_7 - 8,15$	0,91
Август	$Q_{y,8} = 0,73 Q_{y,r} + 0,17 \sum Q'_8 - 5,63$	0,84
Сентябрь	$Q_{y,9} = 1,07 Q_{y,r} - 1,99$	0,88
Октябрь	$Q_{y,10} = 1,24 Q_{y,r} - 1,61$	0,84
Ноябрь	$Q_{y,11} = 1,13 Q_{y,r} + 0,97$	0,86
Декабрь	$Q_{y,12} = 0,55 Q_{y,11} + 0,80 \sum Q'_{12} - 2,23$	0,74

Коэффициенты корреляции связей, представленных выражениями в табл. 3, изменяются от 0,70 до 0,95. При этом для февраля, мая-ноября эти связи являются достаточно тесными, а для остальных месяцев - удовлетворительными.

Средние месячные расходы воды в устье р. Мал. Алматинка в период существования Капшагайского водохранилища при отсутствии данных наблюдений определялись по выражениям, приведенным в табл. 4. В этой таблице  $Q_y$  и  $Q_{y,r}$  - соответственно средний месячный и средний годовой расходы воды в устье р. Мал. Алматинка, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{MA}$  - средний месячный расход воды р. Мал. Алматинка у г. Алматы, м<sup>3</sup>/с.

Корреляционные связи, полученные для р. Мал. Алматинка в основном являются достаточно тесными.

Средние месячные расходы воды в устье р. Есик определялись с помощью выражений, приведенных в табл. 5, где  $Q_y$  и  $Q_{y,r}$  - соответственно средний месячный и средний годовой расходы воды в устье р. Есик, м<sup>3</sup>/с.

Корреляционные связи для расчета месячного стока в устье  
р. Мал. Алматинка в период после создания Капшагайского  
водохранилища

Таблица 4

Месяц	Вид корреляционной связи	Коэффициент корреляции
Январь	$Q_{y,1} = 0,64 Q_{y,12} + 0,51 Q_{y,\Gamma}$	0,85
Февраль	$Q_{y,2} = 0,56 Q_{y,1} + 0,55 Q_{y,\Gamma} + 0,69$	0,72
Март	$Q_{y,3} = 0,46 Q_{y,\Gamma} + 0,60 Q_{y,2} + 0,98$	0,71
Апрель	$Q_{y,4} = 0,62 Q_{y,\Gamma} + 0,66 Q_{y,3} - 1,88$	0,86
Май	$Q_{y,5} = 1,35 Q_{y,\Gamma} - 3,67$	0,74
Июнь	$Q_{y,6} = 0,83 Q_{y,\Gamma} + 0,52 Q_{y,5} - 2,92$	0,85
Июль	$Q_{y,7} = 0,28 Q_{y,\Gamma} + 0,31 Q_{MA,7} - 1,26$	0,91
Август	$Q_{y,8} = 0,39 Q_{y,\Gamma} + 0,60 Q_{MA,8} - 2,55$	0,92
Сентябрь	$Q_{y,9} = 0,91 Q_{y,\Gamma} + 0,38 Q_{y,8} - 2,48$	0,86
Октябрь	$Q_{y,10} = 1,02 Q_{y,\Gamma} + 2,58$	0,87
Ноябрь	$Q_{y,11} = 0,93 Q_{y,\Gamma} + 2,92 Q_{MA,11} - 0,69$	0,87
Декабрь	$Q_{y,12} = 0,39 Q_{y,\Gamma} + 0,63 Q_{y,11} + 0,85$	0,94

Все связи, полученные для р. Есик, имеют коэффициенты корреляции не менее 0,80, т. е. являются достаточно тесными.

С юга в Капшагайское водохранилище впадают также такие водотоки, как Актоган, Карасу, Курозек, Кутентай, Лавар, Саз-Талгар, Теренкара, Шадай, располагающиеся на примыкающей к северному склону Заилийского Алатау предгорной равнине, и два сбросных канала из прудхоза, находящегося в Карасу - Лаварском междуречье. Данные о месячном стоке в их устьях имеются только за 1986 и 1987 годы.

В связи с ограниченностью исходной информации средние месячные расходы воды в устьях перечисленных равнинных водотоков и каналов определены приближенно по соотношениям  $Q^*/Q^{**}$  (табл.6), где  $Q^*$  - суммарный месячный сток перечисленных водотоков;  $Q^{**}$  - суммарный месячный сток рек Каскелен, Мал. Алматинка, Есик. Значения соотношений  $Q^*/Q^{**}$  получены путем осреднения данных за два указанных года.

Таблица 5

Корреляционные связи для расчета месячного стока в устье  
р. Мал. Алматинкав период после создания Капшагайского  
водохранилища

Месяц	Вид корреляционной связи	Коэффициент корреляции
Январь	$Q_{y,1} = 0,67 Q_{y,\Gamma} + 1,39$	0,91
Февраль	$Q_{y,2} = 0,86 Q_{y,\Gamma} + 1,05$	0,95
Март	$Q_{y,3} = 0,88 Q_{y,2} + 0,58$	0,80
Апрель	$Q_{y,4} = 0,86 Q_{y,\Gamma} + 0,66$	0,95
Май	$Q_{y,5} = 0,95 Q_{y,\Gamma} - 0,27$	0,88
Июнь	$Q_{y,6} = 1,19 Q_{y,\Gamma} - 1,14$	0,93
Июль	$Q_{y,7} = 0,40 Q_{y,6} - 0,05$	0,85
Август	$Q_{y,8} = 0,44 Q_{y,\Gamma} - 0,29$	0,82
Сентябрь	$Q_{y,9} = 1,12 Q_{y,\Gamma} - 0,96$	0,96
Октябрь	$Q_{y,10} = 1,29 Q_{y,\Gamma} - 0,22$	0,96
Ноябрь	$Q_{y,11} = 1,49 Q_{y,\Gamma} - 0,32$	0,98
Декабрь	$Q_{y,12} = 1,86 Q_{y,\Gamma} - 1,02$	0,94

Таблица 6

Соотношения  $Q^*/Q^{**}$

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$Q^*/Q^{**}$	0,24	0,22	0,25	0,21	0,15	0,14	0,09	0,21	0,22	0,20	0,22	0,25

Использование изложенной методики позволило значительно дополнить фактические данные о месячном стоке на устьевых участках рек, а затем определить и суммарный месячный приток в Капшагайское водохранилище из рек, впадающих в этот водоем с юга (табл. 7).

Таблица 7

Суммарный месячный боковой приток вод на участке водохранилища из рек, впадающих с юга, м<sup>3</sup>/с

Год	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1942	50,6	49,0	55,0	53,9	53,7	80,3	64,1	86,4	62,4	57,8	70,0	67,9
1943	46,6	52,3	52,8	41,1	21,6	18,1	28,1	38,7	28,1	30,6	43,4	42,8
1944	31,6	30,6	43,2	23,0	8,55	13,8	24,6	36,9	21,7	26,4	30,5	27,3

Год	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1945	28,0	29,0	53,4	35,9	19,9	27,9	38,6	45,3	28,8	28,5	43,4	36,1
1946	36,2	39,7	52,8	39,8	42,8	40,8	41,9	60,9	40,8	42,6	50,6	42,9
1947	42,3	45,1	66,3	28,6	39,8	45,2	45,3	52,6	46,6	54,3	65,1	49,0
1948	42,0	44,8	57,0	53,2	37,7	22,6	29,8	41,8	37,2	38,8	47,9	49,1
1949	41,2	40,0	58,1	40,1	39,9	46,2	41,9	54,2	44,8	46,3	55,9	49,2
1950	48,8	44,9	63,6	32,7	27,3	26,0	44,8	50,4	41,1	42,4	49,2	50,3
1951	36,9	38,4	44,2	25,6	17,9	24,1	40,5	54,2	27,1	29,6	39,9	29,6
1952	46,2	49,8	66,1	46,6	42,2	54,5	52,4	77,8	51,4	48,5	59,0	48,3
1953	44,9	47,6	56,1	36,9	31,3	40,6	46,1	63,3	42,6	39,7	49,9	40,0
1954	43,0	45,6	58,4	39,0	31,5	42,3	49,6	71,5	44,7	41,8	52,1	42,2
1955	49,5	52,9	58,8	39,9	33,8	44,0	44,4	65,8	38,8	41,4	51,8	41,6
1956	44,0	47,1	62,7	43,3	38,2	45,3	49,8	71,6	49,8	45,2	55,7	45,3
1957	43,9	46,5	44,3	28,8	14,5	13,4	20,6	31,4	15,2	26,8	37,2	28,0
1958	37,8	41,8	66,6	48,1	41,2	49,0	44,3	66,3	44,7	47,4	58,0	48,2
1959	47,4	51,5	68,7	50,2	44,7	53,6	49,1	73,7	55,0	49,7	60,2	51,2
1960	48,4	52,0	69,1	51,2	45,3	52,2	41,4	67,4	44,9	48,9	59,3	49,8
1961	42,9	46,5	52,4	37,2	26,2	22,2	21,7	36,7	25,6	33,2	43,7	35,3
1962	33,9	37,8	47,8	31,5	20,4	21,5	26,8	42,8	24,8	30,4	41,0	32,7
1963	38,1	41,3	62,6	45,6	38,0	43,2	37,2	56,1	38,1	43,7	54,1	45,3
1964	43,1	46,6	56,9	42,0	31,4	29,3	20,9	38,3	26,9	36,4	47,0	40,1
1965	34,8	37,9	50,4	32,4	13,7	9,16	21,2	40,9	20,8	24,7	45,6	44,9
1966	41,5	55,1	70,1	40,4	29,6	72,7	49,6	58,1	49,4	44,3	57,8	54,7
1967	42,6	46,0	54,6	39,8	28,8	28,0	22,9	38,8	25,2	35,0	45,6	38,8
1968	35,6	38,4	39,7	26,0	12,2	6,19	11,5	21,2	11,7	21,9	32,4	24,7
1969	33,7	37,5	56,6	40,7	32,6	33,0	28,0	45,6	29,9	37,3	47,8	40,3
1970	41,1	44,7	68,9	52,2	48,2	17,1	37,6	50,3	49,7	42,1	46,3	54,9
1971	44,9	47,9	39,5	32,9	16,1	21,1	19,8	25,7	18,8	23,9	31,2	28,9
1972	29,5	28,1	29,9	24,0	15,2	12,0	16,4	22,5	18,2	25,1	35,0	41,8
1973	38,5	36,9	36,0	34,9	20,1	30,8	27,2	30,8	26,9	29,3	37,4	37,9
1974	27,9	28,3	24,5	15,1	7,33	3,86	9,78	13,4	8,22	15,8	20,9	23,8
1975	25,1	27,3	29,2	17,6	6,66	7,87	10,3	17,2	7,30	12,5	27,6	29,3
1976	33,1	28,7	28,2	18,6	16,6	11,8	16,5	9,27	12,2	23,7	27,8	24,5
1977	26,3	29,3	42,3	18,1	7,01	11,7	16,2	17,0	18,3	18,6	23,2	28,4



Год	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1978	23,9	24,1	28,6	15,3	8,21	24,6	26,8	32,5	11,5	14,9	25,7	36,4
1979	31,0	33,6	31,6	19,3	8,36	24,0	11,8	33,0	14,6	22,9	34,4	35,0
1980	35,7	36,7	33,3	26,5	21,7	13,6	8,26	11,5	16,4	21,3	25,2	32,4
1981	34,3	38,7	33,8	18,3	22,8	29,0	35,0	18,3	16,6	27,1	34,3	37,3
1982	36,4	35,8	40,5	23,6	4,23	2,60	2,22	22,0	6,77	14,2	35,7	27,4
1983	29,8	27,8	21,9	11,0	8,71	8,14	5,74	28,1	10,9	18,6	24,1	23,0
1984	22,8	25,3	33,3	21,1	12,3	5,24	5,15	2,29	6,05	12,2	22,0	24,0
1985	22,8	24,9	25,2	20,3	14,9	14,2	5,54	10,5	15,3	22,0	25,6	25,8
1986	28,1	27,1	29,2	18,1	14,8	11,3	4,45	12,8	17,0	21,8	26,6	30,3
1987	34,1	37,1	30,7	33,3	28,8	38,1	18,0	16,2	31,9	38,8	50,3	48,9
1988	33,2	34,4	39,6	30,7	42,9	38,0	26,8	33,6	39,6	49,2	41,1	36,4
1989	29,3	27,9	30,7	21,3	18,6	9,13	3,90	5,23	11,4	20,4	23,0	23,5
1990	26,1	28,2	31,8	20,8	17,1	21,1	10,0	12,8	19,5	29,9	33,1	33,0
1991	23,6	21,0	20,4	11,0	7,05	3,82	1,84	2,30	4,60	12,8	13,0	15,0
1992	18,5	19,6	23,9	14,6	8,08	4,35	2,32	3,61	9,48	19,0	19,7	20,1
1993	27,5	32,8	35,8	26,6	25,5	33,8	16,0	14,9	25,8	36,8	39,3	39,9
1994	34,0	36,6	50,0	34,4	33,7	46,7	27,8	31,9	35,7	40,0	42,0	40,6
1995	28,6	26,2	21,8	10,8	7,14	4,10	4,04	5,98	3,76	12,3	13,9	13,3
1996	19,0	22,6	25,3	14,0	13,3	19,9	7,85	11,4	12,4	24,2	26,7	23,3
1997	16,2	14,3	15,2	7,82	9,17	11,9	12,5	16,9	18,7	12,4	12,7	11,2

По данным табл. 7 видно, что месячный боковой приток воды на участке Капшагайского водохранилища из рек, стекающих с северного склона Заилийского Алатау и примыкающей к нему предгорной равнины, в 1942-1997 годах изменялся от 1,84 до 86,4 м<sup>3</sup>/с. При этом в разные годы нередко наблюдались значительные различия во времени наступления как максимального, так и минимального среднемесячного притока. Чаще всего максимальный приток имел место в декабре-марте и августе, а минимальный - в мае-июле.

Более детальный анализ данных, приведенных в табл. 7, показал, что в соседние месяцы боковой приток тесно взаимосвязан. Выражения, описывающие эти связи, представлены в табл. 8 и наравне с остальными также могут использоваться в гидрологических расчетах.

Таблица 8  
Корреляционные связи между суммарным боковым притоком воды в  
Капшагвайское водохранилище в соседние месяцы из рек, впадающих с  
юга

Месяц	Вид корреляционной связи	Коэффициент корреляции
Январь	$Q_{бп,1} = 0,59 Q_{бп,12} + 13,8$	0,82
Февраль	$Q_{бп,2} = 1,09 Q_{бп,1} - 1,25$	0,96
Март	$Q_{бп,3} = 1,34 Q_{бп,2} - 5,52$	0,86
Апрель	$Q_{бп,4} = 0,72 Q_{бп,3} - 1,43$	0,89
Май	$Q_{бп,5} = 0,93 Q_{бп,4} - 4,54$	0,87
Июнь	$Q_{бп,6} = 1,11 Q_{бп,5} + 0,08$	0,82
Июль	$Q_{бп,7} = 0,78 Q_{бп,6} + 4,86$	0,85
Август	$Q_{бп,8} = 1,27 Q_{бп,7} + 3,46$	0,93
Сентябрь	$Q_{бп,9} = 0,60 Q_{бп,8} + 5,28$	0,89
Октябрь	$Q_{бп,10} = 0,78 Q_{бп,9} + 10,5$	0,95
Ноябрь	$Q_{бп,11} = 1,06 Q_{бп,10} + 6,32$	0,93
Декабрь	$Q_{бп,12} = 0,76 Q_{бп,11} + 6,64$	0,94

Наличие тесных связей между боковым притоком в соседние месяцы можно объяснить преобладающим влиянием выклинивания подземных вод в формировании стока в устьях рек.

Кроме того, до 60-х годов прошлого века в течение всех месяцев средний приток воды был больше по сравнению с последующим периодом. Наибольшее его уменьшение, не менее чем в два раза, произошло начиная с 70-х годов и наблюдалось в период с апреля по сентябрь. Особенно это заметно по значениям притока, осредненным по пятилеткам (табл. 9).

Уменьшение бокового притока в 60-90-е годы в значительной мере обусловлено влиянием хозяйственной деятельности на сток рек, в основном заборам воды на орошение, что подтверждается, в частности, следующими выражениями:

$$Q_{бп,6} = 0,46 \Sigma Q_6 - 0,74 Q_{вз,6} - 0,96,$$

$$Q_{бп,7} = 0,10 \Sigma Q_7 - 0,62 Q_{вз,7} + 38,4,$$

$$Q_{бп,8} = 0,34 \Sigma Q_7 - 0,86 Q_{вз,7} + 15,9,$$

$$Q_{\text{бп},9} = 0,34 \Sigma Q_9 - 0,87 Q_{\text{вз},9} + 17,1,$$

где  $Q_{\text{бп}}$  - суммарный боковой приток воды в Капшагайское водохранилище из левобережных рек, м<sup>3</sup>/с;  $\Sigma Q$  - суммарный сток рек Каскелен, Аксай, Шемолган, Мал. Алматинка, Бол. Алматинка, Талгар, Есик, Турген, Шилик у выхода из гор, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{\text{вз}}$  - забор воды на хозяйственные нужды в бассейне р. Шилик, м<sup>3</sup>/с. Коэффициенты корреляции связей, описанных этими выражениями, соответственно равны 0,77; 0,79; 0,83; 0,76.

Таблица 9

Месячный боковой приток воды, осредненный по пятилеткам, м<sup>3</sup>/с

Месяц	Пятилетка									
	1946-1950	1951-1955	1956-1960	1961-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995
1	42,1	44,1	44,3	38,6	38,9	33,2	30,0	29,2	30,2	26,4
2	42,9	46,9	47,8	42,0	44,3	33,7	30,5	30,5	30,9	27,2
3	59,6	56,7	62,3	54,0	58,0	31,8	32,8	30,9	32,4	30,4
4	38,9	37,6	44,3	37,7	39,8	24,9	19,6	18,9	24,8	19,5
5	37,5	31,3	36,8	25,9	30,3	13,1	12,4	12,6	24,4	16,3
6	36,2	41,1	42,7	25,1	31,4	15,1	17,1	11,8	23,5	18,6
7	40,7	46,6	41,0	25,6	29,9	16,7	15,9	10,7	12,6	10,4
8	52,0	66,5	62,1	43,0	42,8	21,9	20,7	16,2	16,1	11,7
9	42,1	40,9	41,9	27,2	33,2	15,9	14,6	11,1	23,9	15,9
10	44,9	40,2	43,6	33,7	36,1	21,3	20,3	18,8	32,0	24,2
11	53,7	50,5	54,1	46,3	46,0	30,4	27,3	28,3	34,8	25,6
12	48,1	40,3	44,5	39,7	42,7	32,3	31,3	27,5	34,4	25,8

В заключение следует отметить, что месячный приток воды из единственного водотока - руч. Шенгельды, впадающего в Капшагайское водохранилище с севера, небольшой. По сравнению с суммарным поступлением речных вод с юга его величина обычно не превышает 1-2 % и незначительно изменяется из года в год. Поэтому при отсутствии данных наблюдений приток из руч. Шенгельды можно принимать равным средним многолетним месячным значениям без существенной погрешности для определения всего бокового притока в водохранилище.

Таким образом, изложенная методика, основанная на корреляционном анализе месячного стока в устьях рек, позволила значительно дополнить имеющиеся фактические данные о поступлении речных вод в

Капшагайское водохранилище и оценить его изменения за достаточно длительный период. При этом установлено:

- в соседние месяцы суммарный боковой приток воды с северного склона Заилийского Алатау и примыкающей предгорной равнины тесно взаимосвязан;

- с 60-х годов прошлого века, особенно начиная с 70-х годов, в течение всех месяцев произошло уменьшение бокового притока речных вод

- в отдельные месяцы в два и более раза;

- в значительной мере уменьшение месячного бокового притока определялось возрастающими во времени заборами воды на хозяйственные нужды.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боковой приток речных вод в Капшагайское водохранилище/ Скоцеляс И. И., Ли В. И., Попова В. П., Ерисковский С. А. // Гидрометеорология и экология. - 2001. - № 3-4. - С. 69-79.
2. Достоев Ж. Д. Трансформация стока рек северного склона Заилийского Алатау // Дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук. - Алма-Ата, 1990. - 189 с.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

### ШЕТКІ ӨЗЕН СУЛАРЫНЫҢ ҚАПШАҒАЙ СУ ҚОЙМАСЫНА БІР АЙДА КЕЛІП ТҮСУІН БАҒАЛАУ

Геогр. ғылымд. канд.	И.И. Скоцеляс
Техн. ғылымд. канд.	В.И. Ли
Геогр. ғылымд. канд.	В.П. Попова
	С.А. Ерисковский

*Шеткі өзен суларының Қапшагай су қоймасына бір айда келіп түсуін бағалау әдістемесі суреттелген. Оның көп жылдық өзгерістерін талдау нәтижелері келтірілген.*

УДК 551.321/322

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ  
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ШТОРМОВЫХ НАГОНОВ НА  
КАСПИЙСКОМ МОРЕ**

Х.Р. Йенсен

Канд. геогр. наук

Н.И. Ивкина

Т.П. Строева

*В статье представлены некоторые результаты тестирования системы предупреждения штормовых нагонов на Каспийском море, основанной на численном моделировании трансформации в прибрежной зоне и динамики наката на берег морских нагонных волн Каспийского моря.*

Изучение трансформации в прибрежной зоне и динамики наката на берег морских нагонных волн представляет как теоретический, так и прикладной интерес. Внимание к практической стороне этих задач обусловлено тем, что выход волн на берег часто вызывает катастрофические последствия. Поэтому при проектировании и защите гидротехнических и гражданских сооружений на одно из центральных мест выдвигаются прогнозы уровня моря, полученные с помощью численного моделирования, которое с развитием вычислительной технологии и численных методов становится все более совершенным.

Для качественного тестирования вычислительных экспериментов наиболее обоснованно моделирование штормовых нагонов, для которых обычно известно внешнее возмущающее воздействие со стороны атмосферы и которое может быть сопоставлено с результатами натуральных наблюдений. В настоящее время наиболее подходящей физико-математической моделью изучения процесса наката и отражения волн являются гидродинамические уравнения мелкой воды. Система именно таких уравнений решается гидродинамическим модулем модели MIKE 21, разработанной в Датском гидравлическом институте и адаптированной к мелководным условиям Северного Каспия [4, 6-8]. Эта модель является структурным элементом технологической линии оперативной системы прогнозирования штормовых нагонов с заблаговременностью до 120 ча-

сов. Система позволяет получать по каналам связи метеорологическую информацию из Европейского Центра среднесрочных прогнозов погоды (Великобритания), гидрологическую – с казахстанских станций на Каспийском море, обрабатывать ее и в кратчайшие сроки составлять все необходимые прогнозы. Использование метеорологических прогнозов позволяет обеспечить упреждающее моделирование возможных последствий от штормовых нагонов.

Ниже представлены результаты тестирования в течение 2001 г созданной системы, позволяющей не только предсказывать штормовой нагон, но и описывать динамику волны в прилегающей к берегу области, а также рассчитывать величину заплеска и зону затопления. Необходимо отметить, что система в этот период работала в полуоперативном режиме, так как потребителям не выдавались штормовые предупреждения. Для ее создания и установки решались следующие задачи:

- усовершенствование существующей нагонной модели;
- получение доступа к метеорологической информации;
- проведение калибровки и верификации модели;
- разработка автоматических процедур для составления полуоперативных прогнозов;
- осуществление прогона модели в течение одного испытательного года, в соответствии с требованиями Наставления о продолжительности испытаний модели для краткосрочных морских прогнозов;
- оценка качества прогнозов.

Модель MIKE 21 состоит из атмосферного и гидродинамического блоков, связанных между собой параметрами взаимодействия. Моделирование взаимодействия атмосферы и океана требует разрешения целого ряда неизученных вопросов, связанных с перераспределением энергии ветра, которое существенно зависит как от времени действия штормового волнения, так и обширности мелководного шельфа. Поэтому одним из важнейших условий для составления достаточно точных прогнозов ежечасных уровней моря во время сгонно-нагонных ситуаций является наличие батиметрической основы высокого качества. Особенно это необходимо для мелководных прибрежных зон, поскольку, чем ниже разрешение батиметрии, тем сложнее схематизировать в модели узкие каналы и устья рек.

В качестве такой основы для описания эволюции сгонов и нагонов на всей акватории Каспийского моря принята батиметрическая модель с шагом сетки 10 км, а для мелководной северной части моря - с разрешением

2 км. Батиметрические модели построены по имеющимся топографическим и морским картам, данным промеров глубин на отдельных участках моря и аэрофотоснимкам [1]. Учитывая важное значение определения площадей возможного затопления прибрежных территорий, в батиметрических моделях охвачены районы с отметками поверхности суши до минус 22 м.

Улучшить качество расчета уровня воды с применением модели нагонов, можно посредством учета ежегодных колебаний уровня воды. Поэтому в модель была введена средняя величина речного притока. Безусловно, что для получения более точной оценки притока, необходимы данные фактического притока и прогноза притока на ежедневной основе. Однако, на практике получить такие данные для Каспийского моря не представляется возможным. Поэтому были проведены следующие исследования:

- установлены ряды многолетнего речного притока основных рек в Каспийское море, при выполнении условия, чтобы временное разрешение хронологических рядов было не менее одного месяца;
- рассчитаны величины "видимого" испарения (осадки за вычетом испарения) с поверхности Каспийского моря.

Многолетний сток был принят как средняя величина за последние 5-10 лет. Поскольку модель штормового нагона не предназначена для моделирования элементов водного баланса, временные ряды испарения рассчитаны по модели водного баланса, разработанной Робинот Вардлоу. В качестве фонового уровня Каспийского моря использовался современный уровень равный минус 27 м, который в дальнейшем может быть модифицирован.

Северная часть Каспийского моря в зимний период часто покрыта льдом. Для исключения ошибок в прогнозе уровня моря в этот период необходим учет наличия ледяного покрова, ограничивающего влияние ветра на водную поверхность. Для этой цели были построены характерные карты ледового покрытия и введен коэффициент, понижающий ветровое напряжение. В оперативном режиме в течение зимнего сезона вводимая в модель карта при необходимости может корректироваться с учетом фактической информации о ледовой обстановке.

Значения приземного атмосферного давления, направления и скорости ветра над морем, используемые в вычислениях, определялись в узлах расчетных сеток как по приземным картам погоды, так из ежедневных численных прогнозов барического поля от 24 до 120 часов, которые затем преобразовывались в формат модели штормовых нагонов. Помимо этого, можно в качестве входной информации использовать также срочные дан-

ные по ветру, измеренные на казахстанских гидрометеорологических станциях.

Для Каспийского моря модель штормового нагона адаптирована по данным измерений для ряда известных штормов: 02.04 – 12.04.1965 г, 27.05 – 10.06.1967 г, 01.05 – 08.05. 1990 г, 04.09 – 15.09 1996 г. Значения уровня моря в эти годы были измерены по четырем срокам на М Пешной, а в 1996 г еще и с помощью датских автоматических самописцев уровня, установленных на акватории моря. Каждый выбранный шторм покрывает приблизительно недельный период, так как модели необходимо 2-3 дня для раскрутки, прежде чем фактический шторм был правильно смоделирован. Сравнение полученных результатов с материалами натуральных наблюдений свидетельствует о достаточно высоком качестве работы модели, следовательно, о возможности ее применения для решения различных прикладных задач [2].

С 2001 г метод прогнозирования ежечасных колебаний уровня моря в период штормовых нагонов проходит производственные испытания. Каждый день испытаний покрывает период от –24 часов до +120 часов. Период от минус 24 часов до 00 часов так называемый период ретроспективных прогнозов, так как данные этого периода основываются на метеорологическом анализе. Период с 00 часов до плюс 120 часов – период прогнозирования. Все расчеты (кроме самого первого) начинаются с так называемого оперативного файла. Этот файл образуется во время предыдущего дня расчета (в 00 часов).

Таким образом, при ежедневном обновлении модель ретроспективных прогнозов дает наилучшие входные условия для новых прогнозов. Соответственно, по мере поступления уточненных данных с постов наблюдения, моделируемые значения должны либо адаптироваться к уточненным исходным данным, либо осуществляться возобновление моделирования с использованием новых условий. Результаты расчетов могут быть представлены как в форме графиков, так и таблиц. На рис.1 показано сравнение 4 удачных прогнозов уровня воды, извлеченных из 2 км модели с измеренными у М Пешной в августе 2001 г.

Прогнозы уровня воды составлялись для пяти районов северо-восточного Каспия, выбранных таким образом, чтобы учитывались морфометрические условия и специфика синоптических процессов, развивающихся в этом регионе. Однако, анализ полученных результатов проводился только на основе гидрометеорологической информации, полученной



со станции М Пешной. Это объясняется, как отсутствием пунктов наблюдений в других районах северо-восточного Каспия, так и тем, что район острова Большой Пешной наиболее подвержен стонно-нагонным колебаниям. Значения прогнозируемого уровня на 00, +24, +48, +72, +96 и +120 часов у М Пешной были сравнены с фактическими.

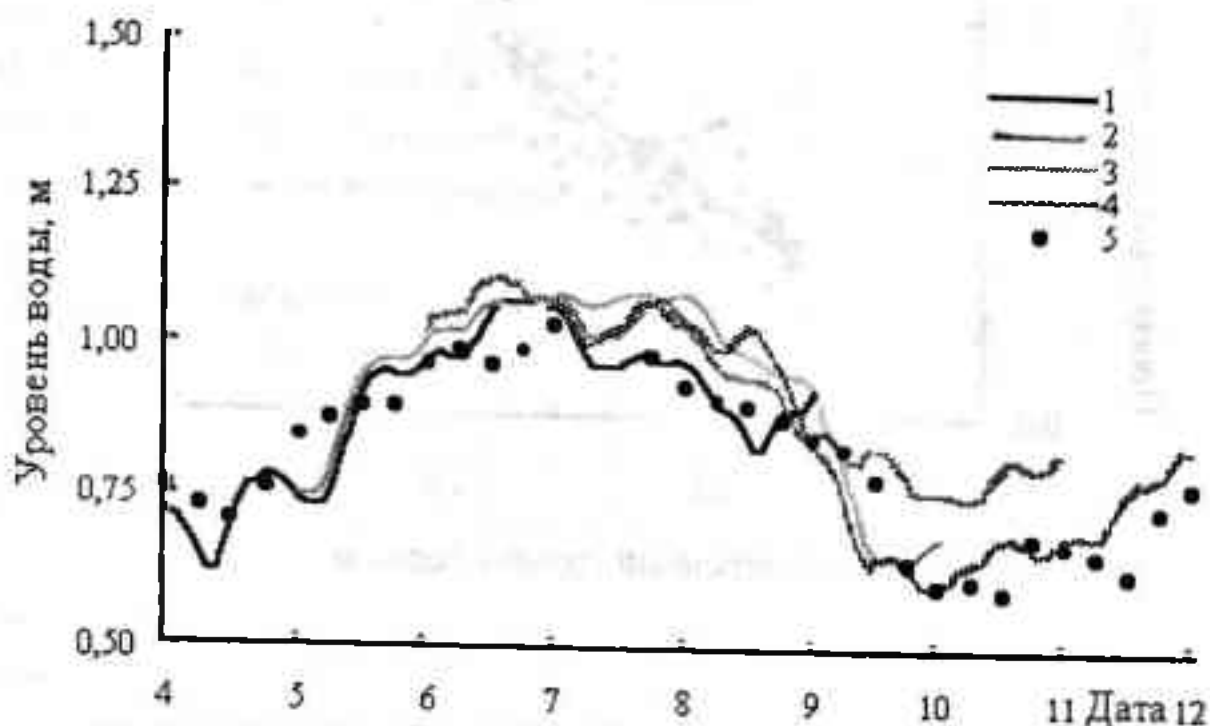
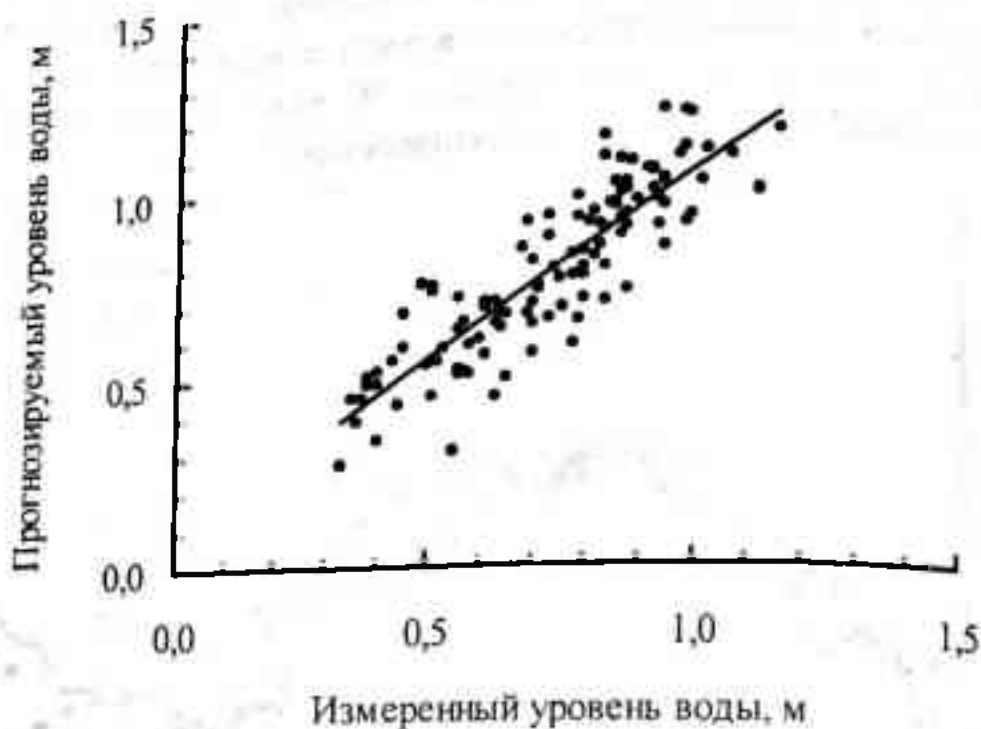


Рис. 1. Примеры прогнозов уровня воды у М Пешной (август 2001 г)  
 1- на период 4-9.08; 2- на период 5-10.08; 3- на период 6-11.08;  
 4- на период 7-12.08; 5- ход фактического уровня воды

Выполненные исследования показали, что при заблаговременности прогноза +24 часа коэффициент корреляции составил 0,87 и абсолютная ошибка 9 см (рис. 2), при заблаговременности +72 часа коэффициент корреляции составил 0,70 и абсолютная ошибка 13 см, при заблаговременности +120 часов коэффициент корреляции составил 0,62 и абсолютная ошибка 15 см. Необходимо отметить, что заблаговременность и точность прогноза нагонных колебаний уровня с использованием рассматриваемого метода зависит в основном от соответствия характеристик прогноза полей атмосферного давления и ветра. Действительно, исходя из анализа уравнений движения, используемых для расчета нагонных процессов, можно заключить, что ошибки в величине уровня должны зависеть не только от ошибок в метеорологических параметрах, но и от абсолютных значений скорости, направления и продолжительности действия ветра.



*Рис. 2. Сопоставление прогнозируемых (заблаговременность прогноза 24 ч) и измеренных уровней воды у М Пешной*

Поэтому, оценку точности численных гидродинамических методов расчета нагонных колебаний уровня при существующей точности получаемых и рассчитываемых метеорологических полей целесообразно проводить по данным о максимальных колебаниях уровня. Кроме того, при моделировании незначительных колебаний уровня, вызываемых малоградиентными барическими полями, относительные ошибки расчетных значений уровня резко возрастают в основном за счет увеличения ошибок в определении направления действующего ветра вследствие нерепрезентативности размытых барических полей в условиях редкой сети метеорологических станций на Каспийском море, особенно на его казахстанской части.

Оценка надежности и точности метода (табл.) проводилась в соответствии с ныне действующими нормативными документами [3, 5]. В соответствии с ними критерии качества метода прогноза, должны характеризовать одновременно как надежность метода, так и его эффективность. В качестве критерия применимости и качества метода принято отношение среднеквадратической ошибки ( $S$ ) к среднему квадратическому отклонению ( $\delta$ ). Отношение  $S/\delta$  является одновременно характеристикой надеж-

ности и эффективности, так как показывает выигрыш в распределении погрешностей, который дает метод прогноза по сравнению с распределением погрешностей в случае принятия ожидаемой величины к ее норме. Как видно из табл. критерий качества и обеспеченность ( $P$ ) находится в допустимых пределах даже при заблаговременности прогноза 120 часов, и, следовательно, использование метода является целесообразным. Как и ожидалось, коэффициент корреляции ( $R$ ), а также средняя абсолютная ошибка ( $\Delta$ ) с увеличением заблаговременности медленно уменьшается, что связано с точностью метеорологических прогнозов.

Таблица

Оценка точности и эффективности краткосрочных прогнозов уровня воды Каспийского моря у М Пешной за 2001 г

Заблаговременность, ч	$R$	$\Delta$ , м	$\delta$ , м	$0,674\delta$ , м	$S$ , м	$S/\delta$	$P$ , %
0	0,87	0,09	0,25	0,17	0,12	0,48	80
24	0,87	0,09	0,22	0,15	0,11	0,51	78
48	0,80	0,11	0,22	0,15	0,14	0,64	74
72	0,70	0,13	0,23	0,16	0,16	0,69	72
96	0,70	0,13	0,23	0,16	0,17	0,75	68
120	0,64	0,14	0,23	0,16	0,19	0,80	68

Таким образом, тестирование дало положительные результаты. Поэтому, система прогнозирования штормового нагона пригодна для оперативного использования. Ее применение позволит своевременно проводить гражданское предупреждение об опасных морских наводнениях и разрабатывать планы по стратегии в непредвиденных обстоятельствах в случаях затопления.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивкина Н.И., Строева Т.П., Васенина Е.И. и др. К вопросу о создании батиметрической модели Каспийского моря // Гидрометеорология и экология - 1997.- № 2.- С.103-109.
2. Ивкина Н.И. Опыт применения гидродинамической модели MIKE 21 для прогнозирования сгонно-нагонных явлений на Каспийском море // Гидрометеорология и экология.- 1998.- № 1-2.- С. 105-112.
3. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3. Ч. III. Служба морских гидрометеорологических прогнозов. Л.: Гидрометеиздат, 1982 -143 с.

4. О методике прогноза нагонов на казахстанском побережье Каспийского моря.// Шиварева С.П., Ивкина Н.И., Строева Т.П. и др. // Материалы Межд. науч.- практ. конф. «Проблемы гидрометеорологии и экологии». - Алматы: КазНИИМОСК. - 2001. - С. 125-137.
5. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов. М.: Росгидромет, 1991 - 150 с.
6. Skill assessment of an operation hydrodynamic forecast system for North Sea and Danish Belts.// Vested H.J., Woge Nielsen J., Jensen H.R. and Bolding Kristensen K. // Quantitative skill assessment for coastal ocean models. - 1995. - Vol. 47. - P. 373-396.
7. Vieira J., Fons J., Kofoed-Hansen H. Statistical and hydrodynamic models for the operational forecasting of floods in the Venice Lagoon // Coastal engineering. - 1993. - Vol. 21, № 4. - P. 301-331.
8. Warren I.R., Bach H.K. MIKE 21- a modeling system for estuaries, coastal waters and seas // Environmental software. - Vol. 7. - № 4. - 1992. - P. 229-240.

Датский гидравлический институт воды и охраны окружающей среды  
 Научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

### **КАСПИЙ ТЕҢІЗІНДЕГІ АПАТТЫ АҒЫСТАРДЫҢ АЛДЫН АЛУ ЖҮЙЕСІН ТЕСТІЛЕУДІҢ КЕЙБІР НӘТИЖЕЛЕРІ**

Х.Р. Йенсен

*Геогр. ғылымд. канд.*

Н.И. Ивкина

Т.П. Строева

*Мақалада жағалау аймағындағы трансформация мен Каспий теңізінің ағысты толқындарының жағалауға соғуы динамикасын сандық үлгілеу негізінде Каспий теңізіндегі апатты ағыстардың алдын алу жүйесін тестілеудің кейбір нәтижелері ұсынылған.*

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ФАЗЫ ДЕЛЬТЫ  
РЕКИ ИЛИ НА КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА БАЛХАШ**

Доктор геогр. наук

С.А. Абдрасилов

Г.Б. Куджибаева

*В статье исследована связь колебаний уровня воды о. Балхаш со стадией развития дельтовой системы р. Или. Приведены результаты расчета потерь стока в дельте р. Или на основе уравнения водного баланса. Показано, что в озерной фазе дельты потери стока больше, чем в русловой.*

Дельта реки Или обладает рядом специфических особенностей по сравнению с другими внутриконтинентальными дельтами. Она обладает относительно большой площадью (около 8 тыс. км<sup>2</sup>), которая равна половине площади оз. Балхаш. Для сравнения площадь дельты главного притока Каспийского моря р. Волги в 20 раз меньше площади поверхности приемного водоема (19 тыс. км<sup>2</sup> против 374 тыс. км<sup>2</sup>).

Оз. Балхаш, в свою очередь, обладает относительно малым объемом по сравнению с другими бессточными водоемами. Оно вмещает всего 7 годовых стоков впадающих рек. Каспийское и Аральское моря вмещают, соответственно 300 и 20 годовых стоков основных притоков.

В этой связи различно и влияние дельт рек, впадающих в Каспийское, Аральское моря и оз. Балхаш на колебания уровня воды в них. Расчеты показывают, что ежегодные потери стока в дельтах Волги, Амударьи с Сырдарьей и Или в среднем снижают уровни приемных водоемов соответственно на 3, 10 и 20 см. Поэтому дельта р. Или оказывает существенное влияние на колебания уровня оз. Балхаш.

Дельта р. Или формируется и развивается циклично и стадийно. Полный цикл развития дельты р. Или можно разделить на 5 стадий: стадия образования новой системы; формирования русловой сети дельты; сосредоточение стока в ограниченном числе протоков; интенсивное меандрирование; старение и отмирание дельтовой системы.

В этой связи затраты воды на содержание дельты р. Или потери стока в дельте изменяются в весьма широких пределах, в зависимости от ста-

дий ее развития. Причем, сначала потери стока увеличиваются: от зарождения и становления до стадии образования разливов и озер. На начальных стадиях образования новой дельтовой системы, в большинстве случаев транзитный сток в приточный водоем не поступает. Как это имело место до 30-40-х годов в Топарской и Жиделинской дельтовых системах. Затем с формированием русловой сети дельтовых проток и сосредоточением стока в ограниченном числе водотоков потеря в дельте сокращаются, достигая минимума на последних этапах ее существования на стадиях интенсивного меандрирования и отмирания гидрографической сети данной дельты.

Б.К. Штегман [4], проводивший гидрологические исследования в дельте р. Или в 1941-1946 гг. пишет, что протоки Жидели и Топар не доходили непосредственно до оз. Балхаш. На расстоянии от 20 до 30 км от берега оз. Балхаш, Жидели и Топар впадали в обширные озера, которые громадными системами раскинулись вблизи оз. Балхаш. Только основное русло (рукав Или) доходило до оз. Балхаш.

По натурным измерениям Г.Р. Юнусова [5] в 1941 г. сток р. Или распределялся по основным рукавам дельты следующим образом: р. Или - 42,2 %, пр. Жидели - 40 % и пр. Топар - 17,8 %. Несколько позже, по наблюдениям Б.К. Штегмана, расход Жидели превышал расход Или. Таким образом, в первой половине 40-х годов и несколько раньше потери стока в дельте были значительными и превышали 50-60 % стока реки, что послужило основной причиной резкого снижения уровня Балхаша с 1910 по 1946 гг.

Г.Р. Юсунов [5] отмечает, что в пределах обширных разливов, существующих в низовьях р. Или, на транспирацию и испарение с водной поверхности теряется в среднем около  $6 \text{ км}^3$  воды в год. В результате чего в оз. Балхаш поступает лишь около 60-65 % величины стока р. Или. Это относится к середине 50-х годов, когда начался переход от озерной фазы развития дельты к русловой фазе, в дельте ежегодно терялось 35-40% Илийской воды.

Далее Б.К. Штегман [4] пишет "... то обстоятельство, что в области низовьев Жидели и Топара, т.е. справа и слева от основного русла, имеется впадина, отсутствовавшая, однако, в области самого основного русла, наводит на мысль о том, что ранее здесь была одна большая впадина, протягивающаяся поперек низовьев всей дельты. Таким образом, можно полагать, что некогда основное русло р. Или (бывшее тогда единственным) не доходило до Балхаша, теряясь в озерах". Следовательно есть основания предположить, что в начальный период образования Илийской дельты

сток реки не доходил до Балхаша. Такие явления нередки для бессточных водоемов.

М.М. Рогов [2] отмечает, что в истории Амударьи наблюдалось такое состояние, когда транзитного руслового стока воды не было (конец 19 - начало 20 веков). Весь сток изливался в дельту, затапливая огромные массивы ее поверхности.

Эти материалы показывают, что потери стока в дельте подтверждены значительным колебанием и оказывает существенное влияние на величину фонового уровня приемного водоема. Отметим, что почти все исследователи колебания фонового уровня Балхаша связывают только с климатическими факторами, т.е. с чередованием прохладно-влажных и тепло-сухих периодов. Ни один из них не связывал колебания уровня Балхаша со стадией развития дельтовых проток.

Между тем, степень увлаженности территории дельты, а также тип ландшафта сильно зависит от стадий развития дельтовой системы. Зная многолетний ход изменения уровня приемного водоема, можно решить и обратную задачу - восстановить ход изменения потерь стока в дельте. Из-за отсутствия данных продолжительных инструментальных измерений (систематические наблюдения за стоком воды основных проток дельты ведутся с 1968 года) не представляется возможным восстановить закономерности изменения потерь в дельте за длительный период и дать достоверный прогноз на будущее.

В этой связи надо искать косвенные пути определения потерь в дельте ( $V_{n,q}$ ) в различные периоды ее существования. Одним из таких путей является определение  $V_{n,q}$  из уравнения водного баланса оз. Балхаш. При этом, в первую очередь, надо учитывать те величины, за которыми ведутся наблюдения в течение продолжительного периода времени с достаточной для практики точностью. Такими параметрами являются измеренный сток р. Или выше дельты (измерения проводятся с 1911 г.), а также восстановленной (с 1911 по 1933 гг.) и измеренный (с 1934 г.) среднегодовой уровень оз. Балхаш.

В уравнение водного баланса озера мы включили: суммарный сток рек без учета потерь в дельте р. Или ( $V_{nr}$ ); испарение с поверхности озера ( $V_{ис}$ ); атмосферные осадки на водную поверхность ( $V_{ос}$ ); среднемноголетнюю величину потерь стока в дельте р. Или ( $V_{n,q}$ ); изменение потерь стока в дельте под влиянием фазы ее развития ( $\Delta V_{n,q}$ ) и изменение запасов воды в озере ( $\Delta V$ ); подземный приток ( $V_{nn}$ ). Мы не учли поверхностный при-

ток в озеро из береговой полосы, то есть сток талых и дождевых вод и потери воды из озера на инфильтрацию в берега, так как их абсолютные величины находятся в пределах погрешностей определения основных составляющих водного баланса - поверхностного притока и испарения [3].

Тогда уравнение водного баланса для годового интервала времени запишется в виде:

$$V_{пр} - V_{ис} + V_{ис} - V_{ин} - V_{н.д} \pm \Delta V_{н.д} = \pm \Delta V \quad (1)$$

Обозначив через

$$V_{кт} = V_{пр} + V_{ин} + V_{ис} - V_{ис} - V_{н.д} \quad (2)$$

будем иметь

$$V_{кт} \pm \Delta V_{н.д} = \pm \Delta V \quad (3)$$

или в слоях воды

$$H_{кт} + H_{д} = H_{ф} \quad (4)$$

где  $H_{кт}$  - учитывает влияние климатических факторов на величину среднегодового уровня воды в озере;  $H_{д}$  - учитывает влияние дельтовой фазы на колебания уровня приемного водоема;  $H_{ф}$  - учитывает суммарное влияние климатических факторов на колебания уровня воды и динамики дельты.

В табл. приведены среднегодовые значения основных элементов водного баланса и уровни Балхаша за период с 1911 по 1969 гг. Указанный период включает один внутривековой цикл крупномасштабных колебаний уровня озера (с 1911 по 1961 гг.) и несколько стадий развития Жиделинской дельтовой системы (от зарождения до сосредоточения стока в ограниченном числе водотоков). Цифры, приведенные в столбцах 2, 3, 4 таблицы заимствованы из работы [1]. В табл. видно, что при отсутствии потерь стока в дельте р. Или, за указанный период приходная часть водного баланса озера превысила бы расходную на  $173,07 \text{ км}^3$  (последняя цифра столбца 5 табл.), и уровень воды оз. Балхаш был бы на несколько метров выше, чем в 1911 году. В действительности, с 1911 по 60-е годы уровень Балхаша понизился на  $\Delta H = 1,33 \text{ м}$ .

Объем испарившейся с поверхности дельты воды с 1911 по 1969 гг. согласно уравнения (1) будет равен:

$$V = 173,07 + \Delta H \cdot F_{ф}, \quad (5)$$

где  $F_{ф} = 18515 \text{ км}^2$  средняя площадь поверхности озера за рассматриваемый период.



Таблица

## Среднегодовые значения основных элементов водного баланса озера Балхаш

Год	H, см	F, км <sup>2</sup>	V <sub>ис</sub> - V <sub>ос</sub> , км <sup>3</sup>	W, км <sup>3</sup>	ΣW, км <sup>3</sup>	ΔH <sub>фв</sub> , см	ΣH <sub>фв</sub> , см	ΔH <sub>кв</sub> , см	H <sub>кв</sub> , см	H <sub>фв</sub> , см	H <sub>д</sub> /H <sub>кв</sub> , %	ΔH <sub>фв</sub> , см	H <sub>д</sub> F, км <sup>3</sup>	H <sub>кв</sub> F, км <sup>3</sup>
1911	(413)	22616	17,08	-0,38	-0,38	-32	-32	-16	-16	6	16	6	3,62	3,62
12	(381)	21957	18,34	-2,94	-3,32	-29	-32	-29	-38	-16	36	-10	-1,32	8,34
13	(352)	21356	15,40	1,70	-1,62	-29	-61	-8	-45	-16	36	-10	3,42	9,61
14	(336)	21025	16,61	3,59	1,97	-16	-77	1	-46	-31	67	-15	6,52	9,67
15	(334)	20984	17,62	4,98	6,95	-2	-79	8	-54	-25	46	6	5,25	11,33
16	(325)	20798	18,69	-1,33	5,62	-9	-100	-23	-80	-20	25	25	4,16	16,64
17	(297)	20218	18,23	-4,53	1,09	-28	-125	-39	-106	-19	18	1	3,84	21,43
18	(258)	19411	15,62	-3,63	-2,54	-39	-155	-36	-135	-20	15	-1	3,88	26,20
19	(230)	18831	15,77	1,18	-1,36	-28	-183	-12	-152	-31	20	-11	5,84	28,62
20	(213)	18479	13,38	2,01	0,65	-17	-200	-7	-150	-50	33	-19	9,24	28,24
21	(230)	18831	12,71	17,09	17,74	17	-183	73	-107	-76	71	-26	14,31	19,77
22	(262)	19493	15,91	6,19	23,93	32	-151	15	-85	-66	77	10	12,87	16,57
23	(262)	19493	14,99	3,46	27,39	0	-151	1	-75	-76	101	-10	14,81	14,62
24	(259)	19431	15,47	4,93	32,32	-3	-154	8	-72	-82	114	-6	15,93	13,99
25	(252)	19286	16,78	0,52	32,84	-7	-161	-15	-80	-81	101	1	15,62	15,43
26	(230)	18831	14,96	-0,91	31,93	-22	-183	-23	-102	-81	79	0	15,25	19,21
27	(203)	18272	16,92	-2,77	29,16	-27	-210	-33	-120	-90	75	-9	16,44	21,93
28	(192)	18080	13,95	5,65	34,81	-11	-221	13	-122	-99	81	-9	17,90	22,06

Продолжение табл.

Год	H, CM	F, KM <sup>2</sup>	V <sub>ис</sub> - V <sub>ос</sub> , KM <sup>3</sup>	W, KM <sup>3</sup>	Σ W, KM <sup>3</sup>	ΔH <sub>фн</sub> , CM	Σ H <sub>фн</sub> , CM	ΔH <sub>нп</sub> , CM	H <sub>ос</sub> , CM	H <sub>фн</sub> , CM	H <sub>п</sub> /H <sub>ос</sub> , %	ΔH <sub>фп</sub> , CM	H <sub>п</sub> F, KM <sup>3</sup>	H <sub>ос</sub> F, KM <sup>3</sup>
29	(190)	18048	15,27	1,63	36,44	-2	-223	-10	-125	-90	78	1	17,69	22,56
1930	(184)	17951	13,93	3,97	40,41	-6	-229	3	-124	-105	85	-7	18,85	22,26
31	(190)	18048	14,79	6,71	47,12	6	-223	19	-130	-99	76	6	17,87	23,46
32	(189)	18032	16,23	-0,83	46,29	-1	-224	-23	-130	-91	68	8	16,41	23,98
33	169	17708	15,65	-1,25	45,09	-20	-244	-26	-140	-104	74	-13	18,41	24,79
34	158	17530	11,04	8,61	53,65	-11	-255	30	-135	-120	89	-16	21,04	23,67
35	151	17416	15,93	1,37	55,02	-7	-262	-11	-127	-135	106	-15	23,51	22,12
36	160	17562	12,45	6,75	61,77	9	-253	19	-123	-130	106	5	22,83	21,60
37	161	17578	13,13	5,80	67,57	1	-252	14	-125	-127	102	3	22,32	21,97
38	150	17400	16,91	-3,71	63,86	-11	-263	-41	-130	-133	102	-6	23,14	22,62
39	127	16963	14,13	3,19	67,05	-23	-286	-1	-152	-134	88	-1	22,73	25,78
1940	118	16792	14,04	1,74	68,79	-9	-295	-10	-143	-152	106	-18	25,52	24,01
41	119	16811	14,02	8,66	77,45	1	-294	32	-130	-164	126	-12	27,57	21,85
42	140	17210	14,09	7,27	84,72	21	-273	23	122	151	124	13	25,99	21,00
43	141	17229	14,97	-1,93	82,69	1	-272	-31	-135	-137	101	14	23,60	23,26
44	127	16963	16,81	-1,50	81,29	-14	-286	-29	-155	-131	85	6	22,22	26,29
45	97	16378	14,80	0,13	81,42	-30	-316	-20	-168	-148	88	-17	24,24	27,52
46	70	15730	11,51	7,58	99,00	-27	-343	27	-175	168	96	-20	26,43	27,53
47	103	16507	13,90	2,42	91,42	-33	-310	-6	-173	-137	79	31	22,61	28,56

Продолжение табл.

Год	$H_s$ CM	$F_s$ KM <sup>2</sup>	$V_{не} - V_{ос}$ KM <sup>3</sup>	$W_s$ KM <sup>3</sup>	$\Sigma W_s$ KM <sup>3</sup>	$\Delta H_{фс}$ CM	$\Sigma H_{фс}$ CM	$\Delta H_{кв}$ CM	$H_{кв}$ CM	$H_{ф}$ CM	$H_f/H_{кв}$ %	$\Delta H_{ф}$ CM	$H_{ф}F_s$ KM <sup>3</sup>	$H_{кв}F_s$ KM <sup>3</sup>
48	104	16526	15,09	0,41	91,83	1	-309	-18	-172	-137	80	0	22,64	28,42
49	102	16488	12,63	4,60	96,43	-2	-311	8	-175	-136	78	-1	22,42	28,85
1950	107	16583	14,64	2,72	99,15	5	-306	-4	-190	-126	66	10	20,89	31,51
51	106	16564	15,79	-1,21	97,94	-1	-307	-28	-195	-112	57	14	16,55	32,30
52	104	16526	15,95	3,58	101,52	-2	-309	1	-190	-119	63	-7	19,67	31,10
53	118	16792	13,19	4,13	105,65	14	-295	5	-185	-110	59	9	18,47	30,07
54	142	17248	11,35	8,90	104,55	24	-271	32	-175	-96	55	14	19,56	30,18
55	178	17854	13,58	4,82	119,37	36	-235	8	-170	-75	44	21	13,39	30,35
56	195	18129	13,78	6,06	125,43	17	-218	15	-160	-58	36	17	10,51	29,01
57	196	18145	15,04	-1,46	123,97	1	-217	-27	-148	-69	47	-11	12,52	26,85
58	211	18438	11,97	11,34	135,31	15	-202	43	-125	-77	62	-8	14,20	23,05
59	249	19224	15,07	11,01	136,32	38	-164	40	-95	-69	73	8	13,26	18,26
1960	278	19825	14,39	10,68	157,00	29	-135	37	-72	-63	88	6	12,49	14,27
61	299	20259	18,18	-1,89	155,11	21	-114	-26	-85	-29	34	34	5,88	17,22
62	288	20032	16,12	-1,85	153,26	-11	-125	-26	-100	-25	25	6	5,01	20,03
63	274	19742	15,90	-0,24	153,02	-14	-139	-18	-113	-26	23	-1	5,13	22,31
64	283	19928	15,22	4,78	157,80	9	-130	7	-120	-10	8	16	1,99	23,91
65	283	19928	17,64	-4,22	153,28	0	-130	-38	-140	10	-7	20	-1,99	27,90
66	275	19762	14,23	5,90	159,48	-8	-138	13	-147	-49	-6	-1	-1,78	29,05

Окончание табл.

Год	H, CM	F, KM <sup>2</sup>	V <sub>ис</sub> - V <sub>ос</sub> , KM <sup>3</sup>	W, KM <sup>3</sup>	Σ W, KM <sup>3</sup>	ΔH <sub>фн</sub> , CM	Σ H <sub>фн</sub> , CM	ΔH <sub>квн</sub> , CM	H <sub>квн</sub> , CM	H <sub>фн</sub> , CM	H <sub>ф</sub> /H <sub>квн</sub> , %	ΔH <sub>фн</sub> , CM	H <sub>ф</sub> ·F, KM <sup>3</sup>	H <sub>квн</sub> ·F, KM <sup>3</sup>
65	283	19928	17,64	-4,22	153,28	0	-130	-38	-140	10	-7	20	-1,99	27,90
66	275	19762	14,23	5,90	159,48	-8	-138	13	-147	-49	-6	-1	-1,78	29,05
67	279	19845	13,66	1,83	160,91	4	-134	-10	-145	11	-8	2	-2,18	28,78
68	266	19576	13,83	-0,03	160,88	-13	-147	-17	-143	4	-3	-7	-0,78	27,99
69	273	19721	13,11	12,19	173,07	8	-139	45	-138	1	-1	-3	-0,20	27,21

Подставив значения  $\Delta H$  и  $F_\phi$  получим

$$V = 173,07 + 1,33 \cdot 18,515 \cdot 10^{-3} = 197,6 \text{ км}^3 \quad (6)$$

или  $3,35 \text{ км}^3$  в год.

Среднемноголетнее значение потерь в дельте ( $V_{н\phi}$ ) получилось равным  $3,35 \text{ км}^3/\text{год}$ , что согласуется с данными многих исследователей. В дальнейшем, приняв  $V_{н\phi} = 3,35 \text{ км}^3/\text{год}$ , подсчитали приращение объема притока воды в озеро ( $\Delta V$ ). Разделив  $\Delta V$  на площадь поверхности озера ( $F$ ) получили значения ежегодных приращений уровня Балхаша за счет климатических факторов ( $\Delta H_{кл}$ ), а просуммировав  $\Delta H_{кл}$  – величину  $H_{кл}$ .

Таким образом, если потери стока в дельте были бы постоянными и равными  $3,35 \text{ км}^3/\text{год}$ , то уровень Балхаша изменялся бы по кривой 1 (рис.1) повышаясь в прохладно-влажные и понижаясь в тепло-сухие периоды. Среднегодовой уровень Балхаша с 1911 года снизился бы к 1920 г на 1,5 м, тогда как фактическое снижение составило 2 м. Затем за счет многоводных лет (с 1921 по 1924 гг.) он повысился бы до отметки 343,4 м к 1924 г и, снижаясь вновь, достиг бы внутривекового минимума 342,2 м (за счет влияния климатических факторов) в 1952 г. Наблюдавшийся в 1946 г внутривековой минимум на 1,5 м ниже полученного, а в 1968 г достиг отметки 342,7 м.

Фактическая кривая изменения среднегодового уровня озера, в середине рассматриваемого периода, проходит значительно ниже кривой 1. Это говорит о том, что потери стока в дельте не были постоянными в течение рассматриваемого периода. С 1911 по 1946 гг. потери стока в дельте были значительно больше, а с 1947 по 1969 гг. – меньше среднемноголетнего их значения.

В столбцах 11 и 10 табл. приведены значения  $H_\phi$ ,  $H_{кл}$  и их процентные отношения (столбец 12) за период с 1912 по 1969 гг.. Вклад дельтовой фазы ( $H_\phi$ ) и климатических факторов ( $H_{кл}$ ) на колебания уровня Балхаша в различные этапы развития дельты проявляются по-разному. Например, на начальной стадии образования Жиделинской системы с 1911 по 1920 гг. влияние динамики дельты ( $H_\phi=43 \text{ см}$ ) на снижение уровня озера значительно меньше чем климатических факторов ( $H_{кл} = 136 \text{ см}$ ). Затем, начиная с 1922 г., вклад  $H_\phi$  резко возрастает и в течение 3 лет (1922-1925 гг.)  $H_\phi = H_{кл}$ .

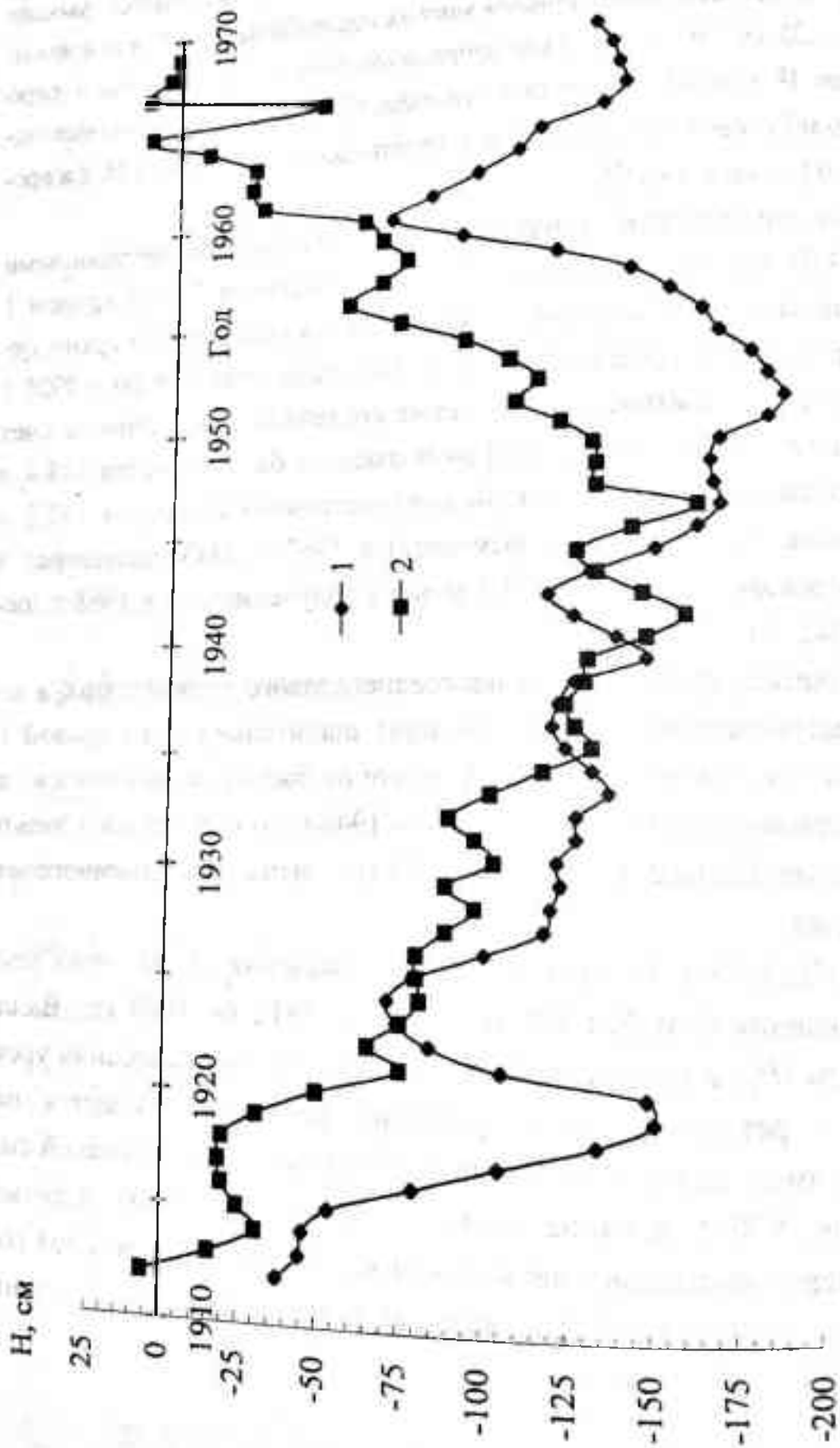


Рис. 1. Влияние климатических факторов (1) и динамики дельты р. Или (2) на колебания уровня оз. Балхаш

Это является следствием того, что с середины 40-х годов начала формироваться современная сеть дельтовых протоков, которая сопровождалась постепенным сокращением площади разливов и озер и, как следствие, уменьшением потерь стока.

Умножив величину  $H_q$  на площадь поверхности озера, перейдем от уровня к объему (рис. 2). При этом величина  $H_q \cdot F$  представляет собой суммарные потери стока в дельте с момента образования Жиделинской системы, обусловленные фазой ее развития. Как видно на рис. 2, величина  $H_q \cdot F$  сначала возрастает и достигает максимума ( $27,6 \text{ км}^3$ ) в середине 40-х годов, а затем уменьшается до нуля к концу 60-х годов. Ежегодное приращение величины  $H_q \cdot F$  ( $H_q \cdot F = \Delta V_{nq}$ ) представляет собой изменение потерь стока в дельте, обусловленное фазой ее развития. На рис. 2 видно, что с 1911 до 1941-1946 гг.  $\Delta V_{nq} > 0$  (за исключением резко маловодных лет), а после - в основном меньше. Это доказывает то, что в озерной фазе дельты потери стока больше, а в русловой меньше среднемноголетнего ее значения.

Материалы исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Затраты стока в дельте р. Или изменяются в весьма широких пределах в зависимости от водности года, стадий развития дельтовой системы, уровня приемного водоема. Они оказывают существенное влияние на величину притока воды в оз. Балхаш.

2. Потери стока в дельте р. Или играют существенную роль в водном балансе и колебании уровня оз. Балхаш. За 59 лет (с 1911 по 1969 гг.) с поверхности дельты испарилось около  $200 \text{ км}^3$  воды, что равно удвоенному объему современного Балхаша. Вследствие этого уровень озера за рассматриваемый период снизился на 133 см.

3. Динамика дельты р. Или (переход от одной стадии развития дельты к другой) оказывает огромное влияние на колебания уровня озера. Так, за счет климатических факторов (вследствие изменения разности между притоком воды и испарением с поверхности озера и осредненными значениями потерь в дельте) с 1911 по 1946 гг. уровень Балхаша снизился на 173 см, а за счет динамики дельты - на 170 см.

4. За счет внутренних процессов, происходящих в дельте, потери стока существенно изменяется во времени. Например, осредненные потери в дельте в озерной фазе ( $4,28 \text{ км}^3/\text{год}$ ) значительно больше, чем русловой ее фазе ( $2,01 \text{ км}^3/\text{год}$ .)

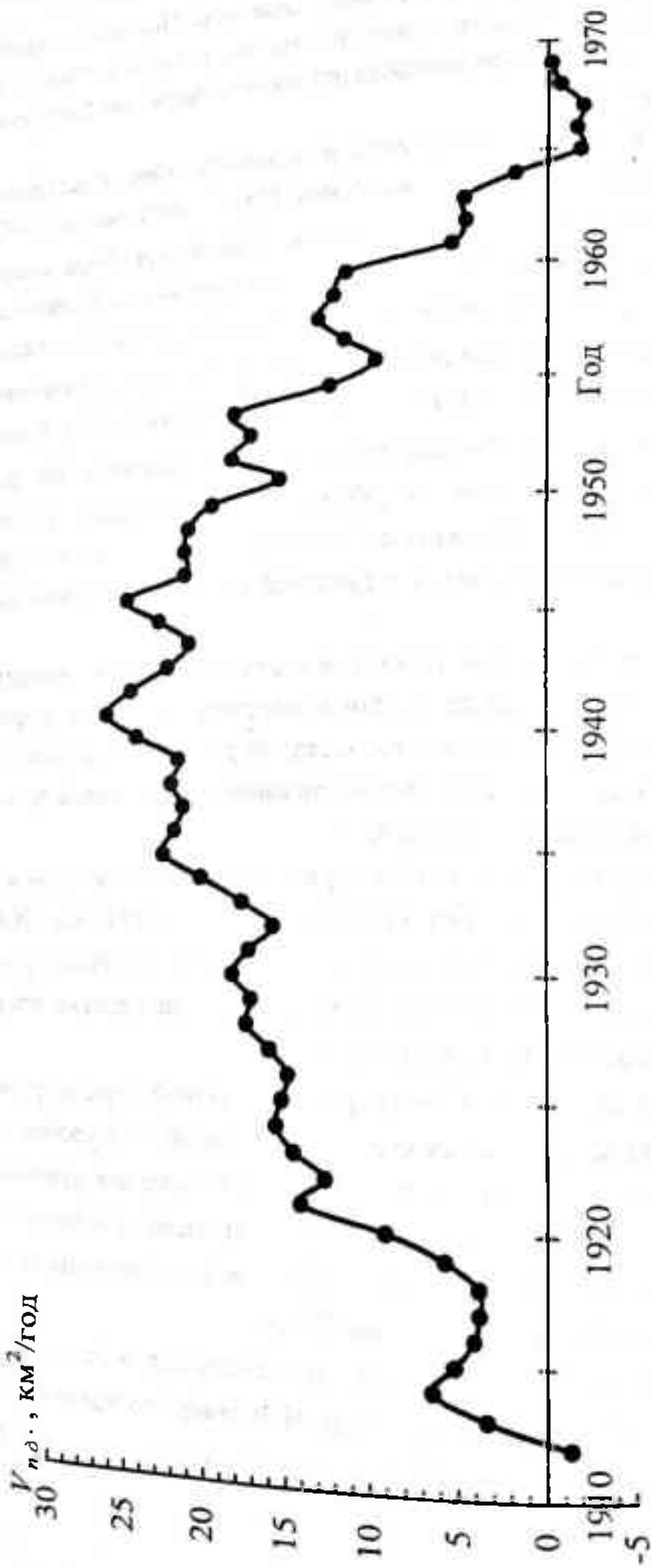


Рис. 2. Интегральная кривая средних годовых значений приращений потерь стока в дельте р. Или, обусловленное фазой развития дельты.



5. При выполнении гидрологических расчетов, связанных с определением притока воды в оз. Балхаш, изменений его уровня, необходим обязательный учет стадии развития дельты р. Или. Не учет этого фактора может привести к существенным ошибкам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубцов В.В., Жиркевич А.Н. Водный баланс оз. Балхаш и динамика его элементов в естественных условиях и при проведении в бассейне водохозяйственных мероприятий // Труды КазНИГМИ. – 1973. - Вып. 50. - С. 153-177.
2. Рогов М.М. Гидрология дельты Амударьи. – Л., Гидрометеиздат, 1957. - 255 с.
3. Соседов И.С. Потери воды на испарение и транспирацию в дельте реки Или // Изв. АН КазССР. Сер. энерг. – 1958. - Вып. 11(13). - С. 16 - 24.
4. Штегман Б.К. К истории формирования дельты реки Или // Изв. АН КазССР. Сер. почв. – 1946. - № 3 (28). - С. 132 - 143.
5. Юнусов Г.Р. Водный баланс озера Балхаш // Проблемы водохозяйственного использования реки Или. - Алма-Ата, 1950. - С.141-189.

Казахский национальный государственный университет им. Аль-Фараби

#### **КЛИМАТ ФАКТОРЛАРЫ МЕН УЛЕ ӨЗЕНІ АТЫРАУЫНЫҢ ДАМУ КЕЗЕҢДЕРІНІҢ БАЛХАШ КӨЛІНІҢ ДЕҢГЕЙІНІҢ ТЕРБЕЛУІНЕ ӘСЕРІ**

Геогр. ғылымд. докт. С.А. Абдрасилов

Г.Б. Күджібаева

*Уле өзені атырауының ағыны негізінен жылдың сулылығынан, атырау жүйесінің даму сатысынан, сонымен қатар, қабылдау қоймасының деңгейіне байланысты. Мақалада осы факторлар Балхаш көлінің су тепе-теңділігі арқылы қарастырылады және де оның қорытындылары келтіріледі.*

УДК 506.1

**РАСЧЕТЫ МИНИМАЛЬНОГО СТОКА РЕК КЫРГЫЗСТАНА ПРИ  
ОТСУТСТВИИ МАТЕРИАЛОВ НАБЛЮДЕНИЙ**

Канд. геогр. наук Ж.Ж. Карамолдоев

*Рассматривается методика расчетов минимального стока горных рек Средней Азии при отсутствии материалов наблюдений на примере Кыргызской Республики.*

Общий облик территории Кыргызстана, ее природные особенности определяют мощные горные системы, замкнутые и полузамкнутые межгорные впадины, различающиеся по характеру ландшафтов и хозяйственному использованию. Особенностью территории также является ее глубокое внутриматериковое положение, большая удаленность от океанов, что обуславливает сильное влияние на природу района континентальных факторов, а также относительно низкое широтное положение. В связи с этим до настоящего времени расчеты по прогнозам стока рек Кыргызстана составлялись в основном для вегетационного периода, что соответствовало интересам, прежде всего, орошаемого земледелия. Однако в связи с увеличением числа промышленных предприятий, населенных пунктов, животноводческих комплексов требуется планирование (прогнозирование) водохозяйственных мероприятий, связанных с гарантированным стоком. Особую значимость исследования гарантированного стока приобретают в связи с восстановлением и дальнейшим увеличением числа высококорентабельных и экологически безопасных малых ГЭС, работающих без регулирования стока.

Для значительной части рек исследуемого района не имеется гидрометеорологической информации, достаточной для определения расчетных характеристик минимального стока. Нами проведены обоснования разработанных методик их расчета при отсутствии материалов наблюдений. Эти методики предназначены для рек, у которых площади водосборов, так же как и у исследованных рек, колеблются в диапазоне от 40 до 1500 км<sup>2</sup>.

Большинство существующих методик расчета основано на выявлении региональных эмпирических зависимостей минимального 30-суточного или месячного стока с показателями, отражающими влияние физико-географических, в первую очередь морфологических, характери-

стик водосборов рек. Основными факторами, влияющими на минимальный сток, являются водность и климатические условия предшествующего года, подчиняющиеся высотной поясности в горных областях. В условиях Центральной Азии рядом исследователей предложено несколько расчетных зависимостей [1, 2, 3, 4].

Выделение районов и построение соответствующих им линейных зависимостей слоя среднемесячного минимального стока  $h$  (мм) от средней высоты водосбора  $H_{cp}$  (м)  $h = aH_{cp} + b$  осуществлялось следующим образом. Прежде всего, были выделены наиболее отличающиеся друг от друга районы 1 - 11. Эти районы включают наибольшее число точек. Каждый из них является достаточно однородным в климатическом, физико-географическом и гидрогеологическом отношении. Границы районов достаточно надежно определяется орографией. Характеристики полученных зависимостей (число пунктов, параметры регрессии  $a$  и  $b$  и коэффициенты корреляции  $r$  между  $h$  и  $H_{cp}$ ) помещены в табл.

Таблица

Параметры линейных зависимостей минимального месячного стока от средней высоты водосбора в различных районах Кыргызстана

Район	Число пунктов	Параметры уравнений		
		$a$	$b$	$r$
1 - Восточно-Иссык - Кульский	10	0,004	1,20	0,90
2 - Юго-Западного Иссык-Куля	10	0,008	-18,7	0,90
3 - Чуйский	11	0,016	-36,4	0,95
4 - Таласский	6	0,0028	-1,42	0,80
5 - Верхний Нарын	7	0,0022	-5,37	0,80
6 - Бассейн р. Кокомерен	6	0,0041	-7,65	0,85
7 - Кетментюбинский	5	0,0002	2,92	0,80
8 - Южного склона Чаткальского хребта	6	0,0103	-23,7	0,80
9 - Северного склона Туркестанского хребта	5	0,0012	-0,66	0,85
10 - Северо-зап. склона Ферганского хребта	7	0,0024	0,98	0,90
11 - Юго-зап. склона Ферганского хребта	8	0,1946	3,31	0,90

Район Восточного Иссык-Куля, наиболее увлажненная часть Иссык-кульского бассейна, занимает междуречье Чон-Аксуу и Джетыгуз. Годовое количество осадков изменяется в пределах 500 . . . 1000 мм (М. Сан-Таш). Реки этого района, имеющие средние высоты водосборов от 2800 до 3520 м,

в связи с высоким увлажнением характеризуются высокими показателями слоя среднемесячного минимального стока  $h = 12 \dots 17$  мм. Наибольшее значение  $h = 17$  мм имеет р. Джергалан со средней высотой водосбора  $H_{cp} = 2970$  м, тогда как на реках этого района, имеющих большие высоты (более 3500 м), величина среднемесячного минимального стока составляет 15,1...16,4 мм. Слой минимального стока р. Тюп, высота водосбора которой составляет 2800 м равен, 12,1 мм. Величина слоя стока незначительно отличается от ее районного показателя. На повышение значения стока большое влияние оказывают широко распространенные в средних и нижних частях водосборов покровные отложения, представленные моренами с хорошо задернованными выровненными поверхностями. Реки, находящиеся к западу от них и имеющие большие средние высоты, характеризуются широким распространением скальных и полускальных слабо задернованных пород с маломощным почвенным покровом. Они характеризуются низкой водоотдачей. Покровные отложения, широко распространенные в нижних частях водосборов, в средних и верхних частях представлены спорадически. Подземные воды трещинно-жильного типа, являющиеся основным источником питания рек этой части района, приурочены к региональным разломам, сопровождающимся многочисленными разрывными нарушениями. Они отличаются высокой стабильностью, т.к. минимальный сток формируется преимущественно за счет подземных вод глубокой циркуляции.

Район Юго-Западного Иссык-Куля характеризуется меньшими показателями минимального среднемесячного стока - от 8,2 до 12,2 мм при средних высотах 2930...3520 м. Этот район приурочен к засушливой южной части бассейна Иссык-Куля и протягивается с востока от р. Чон-Жаргылчак на запад, включая водосборы рек Каракуджур и Тюлек Кочкорской части Чуйского бассейна и реки Иссык-Кульского бассейна. Засушливость климата определяет и большой градиент минимального стока в районе. Годовое количество осадков составляет около 250 мм (М. Кочкор, Каракуджур). Небольшая амплитуда величины минимального стока (4 мм) связана с тем, что реки, расположенные в наиболее засушливых частях Иссык-Кульской впадины (Аксай, Тон), имеют внутригорные впадины, днища которых заполнены рыхлыми (до 200 м) отложениями, увеличивающими величину минимального стока рек и приближающими их к районным показателям. В этом районе из общей закономерности увеличения  $h$  с ростом  $H_{cp}$  выпадают реки Барскаун и Аксай. Они не использовались при построении районной зависимости  $h = f(H_{cp})$ .

Река Барскаун отличается своеобразными геоморфологическими условиями, распределением различных типов подземных вод и конфигурацией водосбора. Большая часть бассейна находится на высоте более 3500 м, расширяясь к приводораздельным наиболее приподнятым частям южного склона хребта Терской Ала-Тоо. Площади, находящиеся ниже 3500 м, представляют собой узкую полосу водосбора. Покровные отложения, широко распространенные в верхних частях, слабо участвуют в зимнем стоке. Минимальный сток формируется преимущественно за счет трещинно-жильных вод палеозоя, характеризующихся малой водоотдачей. Величина среднего минимального месячного стока ниже, чем для районной зависимости  $h (H_{cp})$ , и составляет 4,93 мм, что является минимумом для всей территории Северного Кыргызстана. Из общей зависимости так же выпадает р. Аксай с величиной  $h = 10,8$  мм, при  $H_{cp} = 3170$  м, тогда как для рек с такими высотами  $h = 9,0 \dots 9,6$  мм. Это связано с тем, что сток реки зарегулирован Конуреленской внутригорной впадиной, которая при большой мощности (до 300 м) может выступать аккумулятором грунтовых вод, что и приводит к аномально большой величине  $h$ .

Чуйский район расположен в междуречье Кызылсуу на востоке и Чон-Каинды на западе, в пределах южного склона Кыргызского хребта. Его восточная граница проходит по водоразделу р. Кызылсуу. Значения  $h$  составляют здесь от 6,9 до 14,2 мм. Большие различия в величинах  $h$  обусловлены крайне неравномерным распределением осадков по территории. На западе годовая сумма осадков составляет 300 мм (М. Калининское), тогда как на востоке она достигает 800 мм (М. Новороссийска). Годовая сумма осадков также имеет большой перепад по высоте и равна 400 мм в предгорье (М. Джанги-Джер) и 900 мм в горной части (М. Альплагерь). Наименьшие районные показатели у р. Карабалта, расположенной в западной засушливой части и имеющей среднюю высоту водосбора 2910 м. Питание реки происходит преимущественно за счет трещинных вод. Наибольшее значение  $h = 14,2$  мм у р. Ала-Арча, имеющей среднюю высоту 3290 м.

Из общей районной закономерности увеличения  $h$  с ростом  $H_{cp}$ , выпадают реки Иссык-Ата, Джеламыш и Кегеты, поэтому расчетная зависимость  $h (H_{cp})$  строилась только по 8 точкам. Река Иссык-Ата отличается повышенными значениями  $h = 14,9$  мм при средней высоте 3030 м. Это, на наш взгляд, связано прежде всего с тем, что бассейн реки располагается в одной из наиболее увлажненных частей Чуйского района и имеет мощ-

ные регуляторы, активно участвующие в формировании минимального стока. Водосбор в средней и нижней частях заполнен продуктами сноса с окружающих хребтов, формирующих пологоволнистый рельеф, повсеместно хорошо задернованный. У р. Желамыш при малой высоте (2650 м) величина  $h = 13,4$  мм значительно отклоняется от районной зависимости. Водосбор частично имеет северо-западную экспозицию и лежит на пути западных влагонасыщенных воздушных масс. Наряду с этим, в средней части имеется значительное расширение с полого-холмистым рельефом, поверхность которого хорошо задернована. Этот участок водосбора, активно участвующий в формировании минимального стока, сложен рыхлыми четвертичными отложениями и продуктами сноса, регулирующими сток, что и обуславливает повышенное значение  $h$ .

Река Кегеты, при средней высоте 2900 м, расположена в районе с достаточным увлажнением, но характеризуется самым малым минимальным стоком, равным 5,9 мм, что обусловлено широким распространением в водосборе палеозойских пород, обладающих низкой водопроницаемостью и, соответственно, водоотдачей. Покровные отложения, представленные небольшими прерывистыми участками, в основном в пойме реки, не обладают стокорегулирующей способностью, что определяет малое значение  $h$ .

Таласский район характеризуется средними значениями минимального модуля стока ( $M_{\min}$ ), составляющими  $3,33$  л/(с км<sup>2</sup>). Наименьшее значение характерно для р. Нелды (ур. Джурга) и равно  $1,79$  л/(с км<sup>2</sup>). Это связано, в первую очередь, с относительно небольшой высотой водосбора (наивысшая точка 8211; г. Манас, 3820 м), малым накоплением влаги в естественных подземных емкостях за предшествующий летне-осенний период и южной экспозицией Кыргызского хребта. Наибольшие величины наблюдаются у р. Куркуреу-Суу-ур. Чон-Курчак  $M_{\min} = 6,82$  л/(с км<sup>2</sup>), что обусловлено северной экспозицией, расположением водосбора в наиболее приподнятой части Таласского хребта (пик Манас, 4482 м), что предполагает накопление влаги в предшествующий летне-осенний период.

Если рассмотреть модуль  $M_{\min}$  порайонно, наименьшие их значения приходятся на реки южного склона Кыргызского хребта.  $M_{\min} = 1,79 \dots 2,46$  л/(с км<sup>2</sup>). Наибольшим модулем  $M_{\min} = 4,30 \dots 6,82$  л/(с км<sup>2</sup>) характеризуются реки северного склона Таласского хребта. Среднее значение имеет сток рек с высоким увлажнением, но не большой высотой водосбора, малой высотой, но при большом увлажнении. Несмотря на значительное количество осадков (до 900 мм/год), реки

восточной части Таласской впадины из-за небольших абсолютных высот модули  $M_{мин}$  ненамного превышают средние значения и составляют 3,34 ... 3,86 л/(с·км<sup>2</sup>). На основе вышеотмеченных факторов и пространственного распределения значений  $M_{мин}$  выделяются реки трех районов. Это реки южного склона Кыргызского хребта, восточной части Таласской впадины и северного склона Таласского хребта.

Реки Сары-Джазского бассейна характеризуются небольшими значениями  $M_{мин}$  и находятся в пределах 1,5 ... 2,5 л/(с·км<sup>2</sup>). Сток характеризуется данными всего трех рек, что полностью не отражает закономерности пространственного распределения значений  $M_{мин}$  данного региона, климат резко континентальный, засушливый (осадки до 300 мм). Большое развитие получила многолетняя мерзлота, что отражается как на распределении, так и на величинах  $M_{мин}$ .

По природно-климатическим условиям бассейн реки Нарын подразделяется на несколько районов: Верхний Нарын, бассейн реки Кокомерен, Кетмень-Тюбинский, Нижнего Нарына, где река Нарын принимает притоки, стекающие с Чаткальского, Ферганского и Туркестанского хребтов. Распределение величины  $M_{мин}$  крайне не равномерное и колеблется в пределах 0,95 л/(с·км<sup>2</sup>) - р. Кокджерты - хр. Актала до 1,10 л/(с·км<sup>2</sup>), р. Афлатун. В основном величины  $M_{мин}$  колеблются в пределах 2,30 ... 4,50 л/(с·км<sup>2</sup>). Наиболее низкие значения  $M_{мин}$  на р. Кокджерты, по-видимому, связаны с резким уменьшением стока в эти месяцы в связи с перемерзанием высокогорного озера Сон-Куль. Максимальные значения  $M_{мин}$  для реки Афлатун закономерны в связи с тем, что ее бассейн расположен на одной из наиболее увлажненных территорий Кыргызстана, осадков здесь выпадает более 1000 мм. Высоким значениям  $M_{мин}$  здесь также способствует сильно расчлененный рельеф, в результате чего река дренирует весь комплекс подземных водоносных горизонтов. Анализ тектонической карты показывает, что водосбор находится на стыке крупных региональных разломов, где формируется устойчивый подземный сток.

В верхней части бассейна р. Нарын, куда мы включили данные по рекам Верхне- и Средненарынской впадины, значения  $M_{мин}$  меняются от 0,95 до 3,99 л/(с·км<sup>2</sup>).

Распределение  $M_{мин}$  по бассейну р. Кокомерен, являющейся одним из крупных притоков р. Нарын, проявляется следующим образом: наибольшие значения  $M_{мин}$  наблюдается у р. Каракол (зап.) - 5,96 л/(с·км<sup>2</sup>), наименьшие у р. Кокомерен - 0,5 км ниже устья р. Джумгал -

3,59 л/(с·км<sup>2</sup>). Это связано с высотой водосборов этих рек (Каракол (зап.) - 3170 м, Кокомерен - 2810 м). В среднем для всего бассейна значения  $M_{мин}$  находятся в пределах 3,0 . . . 4,0 л/(с·км<sup>2</sup>), что отражает единство условий формирования минимального стока всего бассейна.

Реки нижней части бассейна р. Нарын формируются в пределах Кетмен-Тобонской впадины, юго-западного склона Ферганского и южного склона Чаткальского хребтов. Для рек Кетмен-Тобонской впадины величины  $M_{мин}$  колеблются в пределах 2,4 . . . 6,24 л/(с·км<sup>2</sup>), что указывает на однородность условий формирования с некоторой тенденцией увеличения  $M_{мин}$  с западной части на восток.

По территории Южного Кыргызстана распределение  $M_{мин}$  крайне не равномерное. Реки формируются на склонах хребтов, окружающих Чон-Алайскую, Ферганскую и Чаткальскую впадины. В целом по значениям минимального стока можно выделить гидрологические районы со сходными условиями его формирования.

Величины  $M_{мин}$  изменяются от 1,42 до 7,28 л/(с·км<sup>2</sup>). Большие различия показывают на разнообразие комплекса физико-географических и гидрогеологических факторов, влияющих на формирование минимального стока рек исследуемого района. Наибольшие  $M_{мин}$  характерны для рек Афлатун и Тентексай, равные 7,10 и 7,28 л/(с·км<sup>2</sup>). Водосбор р. Афлатун расположен в наиболее увлажненной (осадки более 1000 мм) восточной части южного склона Чаткальского хребта, что определяет повышенную водность реки. Здесь широко распространены карбонатные породы с трещиновато-карстовым типом водопроницаемости, составляющим 63% площади водосбора. Водосбор Тентексай расположен также в сильно увлажненной (осадки более 1000 мм) части Ферганского хребта, что определяют повышенную водность реки.

Наименьшее значение модуля  $M_{мин} = 1,42$  л/(с·км<sup>2</sup>) характеризует р. Кассансай, расположенную в наименее увлажненной юго-западной части южного склона Чаткальского хребта. При этом основную (до 85%) часть ее водосбора слагают метаморфические и изверженные породы, имеющие трещинный тип водопроницаемости, формирующие устойчивый сток.

В южной части склона Ферганского хребта у притока р. Карадарья величина  $M_{мин}$  находится в пределах 3,8 . . . 6,74 л/(с·км<sup>2</sup>). Наибольшие  $M_{мин}$  равны 6,74 л/(с·км<sup>2</sup>) у р. Каракульджа - с. Акташ, что определяется высоким (3250 м) водосбором в совокупности с достаточным увлажнением (осадки 800-900 мм). Наименьшие  $M_{мин}$  равное 3,87 л/(с·км<sup>2</sup>) у р. Кур-



шаб - с. Гульча, связано с формированием минимального стока в условиях недостаточного увлажнения (осадки 300-400 мм) и меньшими высотами (до 3000 м).

Минимальный сток у рек, стекающих с южных склонов Алайского и Туркестанского хребтов, в целом происходит при одинаковых природно-климатических и гидрогеологических условиях. Некоторое увеличение по территории наблюдается с запада на востока по высоте. Величины  $M_{мин}$  изменяются от 2,37 у р. Ходжабакырган до 4,65 л/(с·км<sup>2</sup>) у р. Сох. Разница в показателях  $M_{мин}$  закономерна, так как водосборы указанных рек сильно различаются по высотам, составляя 2420 и 3480 м соответственно.

Бассейн р. Чаткал и ее левый приток р. Терс характеризуют модули -5,35 и 5,12 л/(с·км<sup>2</sup>) соответственно. Формирование минимального стока происходит в условиях увлажненного (осадков более 900 мм) климата. Эти данные подтверждают, что при достаточном увлажнении возможны большие  $M_{мин}$  даже при относительно низких (2700 - 2800 м) средневзвешенных высотах водосборов.

Бассейн р. Кызылсуу представлен данными гидропоста с. Дараут - Коргон,  $M_{мин} = 4,51$  л/(с·км<sup>2</sup>). Следует отметить, что на фоне засушливого климата высокогорий большие значения  $M_{мин}$  связаны с регулирующей способностью мощных (до 700 . . . 800 м) покровных отложений, заполняющих Алайскую впадину.

Анализ графиков районных зависимостей  $h = f(H_{cp})$  показывает, что высотный градиент средней величины минимального стока уменьшается с запада на восток, т.е. по мере увеличения увлажнения территории. Это отвечает известному общему географическому положению об увеличении высотных градиентов и контрастности ландшафтов с ростом аридности. Для основных районов (1-11) полученные зависимости  $h(H_{cp})$  можно применять для расчетов минимального стока при отсутствии материалов наблюдений, выявления антропогенного воздействия на сток маловодного периода, а также планирования водохозяйственных мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов Кыргызстана.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амусья А.З. Минимальный сток горных рек Средней Азии // Труды ГГИ. - 1972. - Вып. 188. - С. 283 - 304.

2. Богачинов Т.М. Минимальный сток рек Северного Тянь-Шаня (бассейны рек Чу, Талас и оз. Иссык-Куль): Автореф. дис...канд. геогр. наук: 11.00.07. / КазГУ им. С.М. Кирова. - Алма-Ата, 1973. - 21 с.
3. Карамолдоев Ж.Ж., Христофоров А.В. Сток горных рек в маловодный период, его расчеты и прогнозы. Бишкек, Илим, 1994. - 149 с.
4. Михайлов В.М. Анализ формирования меженного стока рек Памиро-Алая и Тянь-Шаня и способы его расчета: Автореф. дис. канд. геогр. наук: 11.00.07. / МГУ им. М.В. Ломоносова., 1975. 27 с.

Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры

## **БАҚЫЛАУ ДЕРЕКТЕРІ БОЛМАҒАН ЖАҒДАЙДА ҚЫРҒЫЗСТАН ӨЗЕНДЕРІНІҢ ТӨМЕН АҒЫНДЫСЫН ЕСЕПТЕУ**

Геогр. ғылымд. канд.      Ж.Ж.Қарамолдоев

*Мақалада Орта Азияның таулы аймағы үшін бақылау материалдары болмаған жағдайдағы өзендердің төмен ағындысын есептеу әдістемесі қарастырылған.*

УДК 551.321/322(574)

**О КАТАЛОГЕ ЛЕДНИКОВ СЕВЕРНОГО СКЛОНА  
ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ ПО СОСТОЯНИЮ НА 1990 Г**

Доктор геогр. наук

П.А. Черкасов

Л.А. Ерисковская

С.В. Ударцев

Т.В. Солодовникова

*Составлен Каталог ледников северного склона Заилийского Алатау по состоянию на 1990 г по планам ледников, построенным по материалам аэрофотосъёмки на СПР-3М. Их площади вычислены компьютерными методами, принятыми в ГИС, а объёмы – по нашей методике, учитывающей морфологию ледников.*

В период Международного Гидрологического Десятилетия (МГД) 1965-1974 гг. в Советском Союзе была разработана и реализована программа по созданию Каталога ледников СССР.

Основой для создания Каталога ледников Казахстана использовались топографические карты масштаба 1:100 000, (по материалам аэрофотосъёмки 1955-56 гг.). С помощью контактной печати снимков этой аэрофотосъёмки ледники были вручную откорректированы на картах, с использованием данных полевых экспедиционных исследований.

Такие Каталоги, в том числе и для северного склона хр. Заилийский Алатау [1], были составлены в соответствии с методическими указаниями "Руководства по составлению Каталогов ледников СССР" [2].

В них впервые были помещены достаточно определённые сведения о размерах оледенения на территории СССР.

Первые натурные исследования ледников Казахстана и Средней Азии, выполненные в начале 20 века, показали, что размеры горных ледников Тянь-Шаня, Джунгарского Алатау и Алтая постепенно уменьшаются. Этот процесс стал особенно заметным с 20-х годов 20 века. Он в значительной мере связан с антропогенной деятельностью, которая ведёт к повышению глобальной температуры воздуха. Особенно быстро уменьшение площади и объёма ледников началось с 70-х годов 20 века.

Необходимость оценки запасов льда в горах в конкретные годы с целью составления прогноза его эволюции потребовали повторной ревизии оледенения гор Казахстана. По заданию Института географии АН КазССР в Казахском филиале Всесоюзного института сельскохозяйственных агро-геодезических исследований (ВИСХАГИ) в 1987 г. были составлены в масштабе 1:25 000 топографические планы высокогорной зоны и ледников северного склона Заилийского Алатау по аэрофотосъемке 1979 г. На этих топопланах в местах расположения ледников, представленных в виде белых пятен, с нетрансформированных аэроснимков вручную срисовывались контуры ледников, которые затем покрывались сетью горизонталей с топографических карт масштаба 1:100 000.

В результате выполненных работ был составлен список ледников по бассейнам рек северного склона Заилийского Алатау с указанием их площади чистой поверхности (без морен) и по высотным зонам с интервалом 100 м [3]. В Казахском филиале ВИСХАГИ этот метод используется для составления планов сельскохозяйственных угодий, расположенных, как правило, на мало расчлененной поверхности. Для этого вида топографических работ его точность достаточна. Но на фотоплане высокогорной зоны, характеризующейся большим расчленением рельефа по вертикали и пестротой светотеней, он не даёт возможности чётко выделить контуры ледников, а мелкие ледники оказываются неопределимыми (об этом на конкретном примере будет сказано ниже). Кроме того, площади ледников, попадая на границы ступенчато трансформированных плоскостей или в их отдельные высотные зоны, оказывались изображенными в разных масштабах. Для целей картирования отдельных ледников в масштабе 1:25 000 этот метод не пригоден, т. к. своей громоздкостью выполнения ряда промежуточных процессов сопровождается большой потерей точности.

На материалах Каталога ледников СССР и ВИСХАГИ был выполнен анализ изменения количества, площади и длины ледников Заилийского Алатау [4].

В начале 80-х годов 20 века были созданы Государственные топографические карты в масштабе 1:25 000 на всю территорию СССР. На основе этих карт, созданных по материалам аэрофотосъемки 1973-1975 гг., были составлены четыре части Каталога ледников для Заилийско-Кунгейской ледниковой системы [5]. Каталог ледников северного склона Заилийского Алатау содержит сведения о линейных размерах и площади каждого ледника в отдельности, его положении на местности по отноше-

нию к бассейнам рек, морфологическом типе, экспозиции, абсолютной высоте низшей и высшей точек ледника, низшей точки его открытой части, высоте фирновой линии и объёме.

После распада СССР, стало очевидно, что обновление картографического фонда суверенного Казахстана на государственной основе по материалам новых аэрофотосъёмок на ближайшее десятилетие не предвидится. Поэтому мониторинг запасов льда в ледниковых системах Казахстана можно будет продолжить только путём использования материалов аэрофотосъёмки. Последняя аэрофотосъёмка Заилийско-Кунгейской и Джунгарской ледниковых систем была выполнена КФ ВИСХАГИ в 1990-1992 гг. По данным этой съёмки для Научно-производственного центра по землеустройству Талды-Курганской области (НПЦЗЕМ) на территорию Джунгарского Алатау КФ ВИСХАГИ изготовил фотопланы в масштабе 1:25 000. Понимая недостатки метода, по которому были составлены эти фотопланы, мы решили не использовать эти материалы.

Е.Н. Вилесов решил продолжить работу по изучению изменения оледенения гор Казахстана по материалам аэрофотосъёмки 1990 г. Вместе с коллегами он опубликовал "Методические основы и программу аэрофототопографического мониторинга современного оледенения Казахстана" [6], где рекомендуется использовать выше описанную методику, применённую КФ ВИСХАГИ для построения планов ледников по аэрофотосъёмке 1979 г. Самый важный пункт "технического этапа" этой программы, который определяет возможность её практической реализации, заключается в необходимости трансформирования аэрофотоснимков на фототрансформаторе типа ФТМ или любой другой модели с целью построения фотопланов местности и расположенных на ней ледников в заданном масштабе. А дальше, как об этом было сказано выше, с нетрансформированных аэрофотоснимков контуры ледников вручную, а не инструментально, переносятся на белые пятна фотопланов, обозначающих места их расположения. Таков этот метод. Естественно, авторы "аэрофототопографического мониторинга" (какое звучное и многообещающее название) не могли выполнить работу по трансформированию снимков и построить фотопланы. На самом деле, контуры ледников, снятых с нетрансформированных аэрофотоснимков 1990 г. они переносили вручную "на глазок" на их изображения на топографических картах, составленных по материалам аэрофотосъёмки прежних лет. Не понятно, как можно, в условиях огромных изменений масштабов в пределах аэрофотоснимков при глубине рас-

членения рельефа до 1 – 1,5 км по вертикали и расположении объектов чаще всего не в центре снимков, а даже на нескольких снимках, что влечёт за собой большие плановые их искажения, взять на себя смелость что-то вручную нарисовать на топографических картах определённого масштаба и, как пишут сами авторы программы, получать "детальные изображения ледников". По этой, так сказать, не научной методике авторы "построили новые карты" ледников северного склона Заилийского Алатау (которые, правда, не демонстрировались как официальный документ в печати), определили их площади и линейные размеры [7, 8, 9].

Для определения объёма ледников авторы избрали формулу Мазз-Глазырина [11], которая написана для определения объёмов стационарных горных ледников. Неужели авторы не обратили внимание, что сами они пытаются учесть изменения размеров ледников в крайне неустойчивом состоянии оледенения в период его катастрофически быстрого сокращения, т.е. нестационарных условиях. Уже давно установлено [10], что в зависимости от морфологии ледников их объём на единицу площади заметно изменяется. Поэтому по одной формуле рассчитывать объём ледников различных морфологических типов нельзя. К сожалению, по указанным причинам, мы не могли воспользоваться материалами выше названных авторов, для своих исследований и поэтому вынуждены были сами заняться составлением планов ледников и их Каталогов по аэрофотосъёмке 1990 г. Для этой цели мы избрали трудоёмкий, но единственно правильный путь составления планов ледников.

По негативам (размером 18×18 см) аэрофотосъёмки высокогорной зоны Заилийско-Кунгейской ледниковой системы 1990-92 гг. (любезно предоставленным нам Государственным институтом сельскохозяйственных агро-геодезических исследований (ГИСХАГИ)), на модернизированном стереофотограмметрическом приборе СПР-3М (любезно предоставленном РГКП "Картография") нами на топографических картах масштаба 1: 25000 аэрофотосъёмки 1974 г. были составлены планы ледников северного склона Заилийского Алатау по состоянию на 1990 г. На СПР-3М ошибки измерений в пределах одной модели (каждой пары аэрофотоснимков) за счёт инструментальных погрешностей прибора, при увеличении оптической системы 6 и  $10^x$  составляют не более:

- 1/7000 H при определении разности высот точек местности;
- 0,05 мм при определении координат X и Y точек;

0,2 мм для проектируемых контуров объектов и горизонталей на оригинале карты.

Расчет площадей ледников, представленных на топографических картах масштаба 1:25000, производился компьютерными методами принятыми в Географических Информационных Системах (ГИС).

Картографическая информация - контуры ледников и морен, а также границы высотных зон далее переводились в цифровую форму для передачи в программный комплекс ГИС (в данном случае использовался пакет ArcView 3.1 компании ESRI), где непосредственно и проводилось определение площадей. Создание цифровых карт и планов местности по картографическим материалам мы разбивали на три основных этапа:

- подготовка исходных картографических материалов к оцифровыванию;
- преобразование исходных картографических материалов в цифровую форму;
- обработка цифровой картографической информации.

Подготовка материалов к оцифровыванию включает аналого-цифровое преобразование изображения в цифровую растровую форму с помощью сканера. Максимальная погрешность сканирования, при разрешении 300 пикселей на 1 дюйм, составляет приблизительно 0,14 мм в масштабе карты.

Обработка цифровых карт без учёта деформации носителя исходного картографического материала приводит к ошибкам. Для устранения недостатков производилась трансформация проекций, т.е. операция преобразования условных плановых координат в координаты картографической проекции. Так как искажения исходной информации не являются равномерными, то трансформация осуществлялась путем эластичного преобразования на основе аппроксимации сети контрольных точек. Оцифровка данных проводилась выборочно. В отдельные группы отбирались контуры ледников, контуры боковых и конечных морен, границы высотных зон. При этом ледники и морены представлялись в виде полигональных (площадных) объектов, а границы высотных зон, как линейные объекты. Каждому полигональному объекту назначалась индивидуальная номенклатурная запись, отвечающая за идентификацию объекта. Векторные данные передавались в программный комплекс ArcView 3.1, где проводился подсчёт (встроенными функциями программного комплекса) площадей чистой поверхности ледников, конечных и боковых морен. Затем так же средствами ArcView производилось деление (нарезка) площади чистой поверхности ледников по высотным зонам.

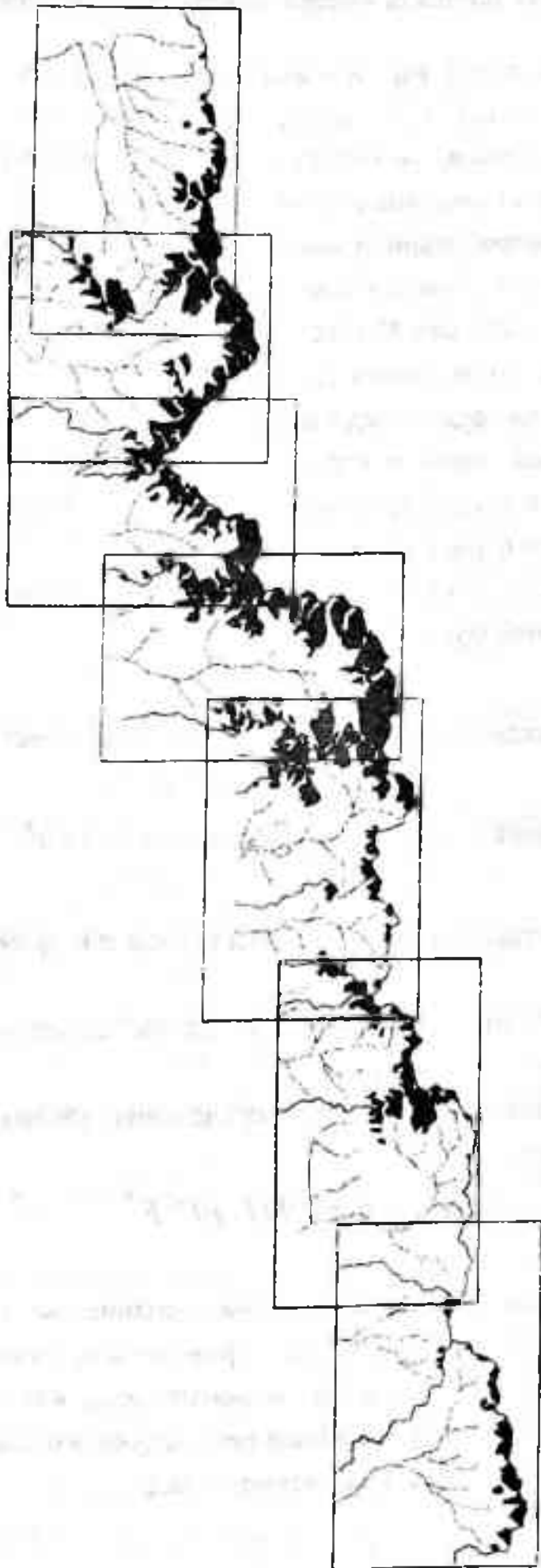
Каталог ледников состоит из пояснительного текста, схем, табл. 1. "Основные сведения о ледниках" (с пояснениями) и табл. 2, в которой приведены суммарные величины количества ледников, их площади и объёмы по району оледенения на 1990 г. Схемы расположения ледников (см. рис.) составлены по отдельным речным бассейнам или группам бассейнов.

Между созданием второго Каталога ледников северного склона Заилийского Алатау и нашей нынешней его подготовкой прошло 16 лет. За это время часть малых ледников перешла в разряд "меньше 0,1 км<sup>2</sup> площади" или они исчезли совсем, часть крупных ледников разделилась на более мелкие, поэтому общее число ледников на изучаемой территории изменилось. Чтобы сохранить преемственность между старой и новой нумерацией ледников, в таблице приводим "новый" номер и в скобках – "старый" номер ледника, а затем его собственное название, если оно есть, а если нет, то повторяем "новый" номер ледника. Ледники площадью меньше 0,1 км<sup>2</sup> не нумеруются, но их место расположения в бассейнах показывается на схемах в виде кружка.

Морфологический тип и общая экспозиция ледников определялись по аэрофотоснимкам, топографическим картам и натурным наблюдениям. Согласно классификации, рекомендованной "Руководством по составлению Каталога ледников СССР" [10], они характеризуются следующими основными терминами: долинный, котловинный, каровый, висячий, плоских вершин и др. Экспозиция ледника определялась в соответствии с направлением, к которому обращена его поверхность; она даётся по 8-ми румбам. Длина ледника измерялась по топографическим картам. Учитывая, что планы ледников содержат определённые ошибки полевых и камеральных измерений, при заполнении таблицы была принята точность длины ледника  $\pm 0,005$  км, а их площадей  $\pm 0,001$  км<sup>2</sup>. Высотные отметки характерных точек ледников приводятся с точностью до 5 м (если они определены по горизонталям топографических карт), или с точностью до 1 м (если такие данные имелись на картах). Средняя многолетняя высота фирновой линии  $\bar{Z}_\phi$  рассчитывалась по методу Куровского как средняя взвешенная по площади высотных зон, дающего наиболее близкие к действительности средние многолетние высоты:

$$\bar{Z}_\phi = \frac{1}{\sum_{i=1}^n F_i} \cdot \sum_{i=1}^n (Z_i \cdot F_i), \quad (1)$$





*Рис. Северный склон Зайлийского Алатау.*

где  $\sum_{i=1}^n F_i$  — общая площадь чистой поверхности ледника в пределах заданных высотных зон  $Z_i$ , км<sup>2</sup>;  $n$  — количество высотных зон;  $Z_i$  — средняя высота высотной зоны  $i$ , м;  $F_i$  — площадь высотной зоны  $i$ , км<sup>2</sup>.

Объём ледников, вычислен по самой совершенной в настоящее время методике, учитывающей не только размеры, но и морфологические типы ледников, разработанной нами на материалах определения их толщины по данным воздушной и наземной радиолокации [10].

В горных системах Казахстана объём льда в ледниках различных морфологических типов, приходящийся на 1 км<sup>2</sup> их площади неодинаков. Нами выделены три группы ледников: 1 — ледники основных долин, 2 — ледники висячих долин и каров, 3 — ледники висячего типа "горных склонов". Ледники второй группы имеют больший объём при той же площади, чем ледники первой группы.

Связи между площадью  $F$  и объёмом  $q$  ледников были аппроксимированы степенной функцией вида

$$q = a \cdot F^b. \quad (2)$$

Для ледников первой группы эта связь в км<sup>3</sup> имеет вид:

$$q = 29,76 \cdot 10^{-3} F^{1,38}. \quad (3)$$

Для ледников второй группы площадью до 3 км<sup>2</sup>

$$q = 49,37 \cdot 10^{-3} F^{1,20}, \quad (4)$$

где  $F$  — площадь открытой части ледника первой и второй группы, берётся в км<sup>2</sup>.

Третью группу площадью более 0,1 км<sup>2</sup> определяли по формуле, полученной в [12].

Преобразованная нами для определения объёма льда в км<sup>3</sup> эта формула имеет вид:

$$q = 0,004 \cdot 10^{-6} F^{1,12}, \quad (5)$$

где  $F$  берётся в м<sup>2</sup>.

В настоящих Каталогах сведения о количестве и площади ледников, размеры которых меньше 0,1 км<sup>2</sup>, приведены суммарно по отдельным бассейнам рек. Поэтому объём этих ледников (тоже, как правило, висячих) мы определяли в целом для бассейнов рек следующим образом.

По формуле (5), преобразованной в вид:

$$q = 4 \cdot 10^{-9} \left( \frac{\sum F_i}{n} \right)^{1,12}, \quad (6)$$

где  $F_i$  в  $\text{м}^2$ , вычислялась средняя для бассейна реки площадь такого ледника по их общему количеству  $n$  и суммарной площади  $\sum S_i$ , а затем его объём  $q$  в  $\text{км}^3$ .

По количеству ледников  $n_{<0,1}$  и их среднему объёму  $q_{<0,1}$  рассчитывался общий объём льда этих ледников в речном бассейне  $Q_{<0,1}$ :

$$Q_{<0,1} = q_{<0,1} \cdot n_{<0,1}. \quad (7)$$

У большинства современных ледников с площадью более  $0,1 \text{ км}^2$  в телах фронтальных морен до сих пор сохраняются ядра погребённого льда.

В первом приближении объём погребённого льда  $q_{пл}$  в  $\text{км}^3$  у ледников "основных долин" представляется возможным определять по формуле (3), преобразованной в вид

$$q_{пл} = 29,76 \cdot 10^{-3} S_{ол}^{0,38} \cdot K_{пл} \cdot F_{пл}, \quad (8)$$

у ледников "висячих долин и каров" - по формуле (4), преобразованной в вид

$$q_{пл} = 49,37 \cdot 10^{-3} S_{ол}^{0,20} \cdot K_{пл} \cdot F_{пл}, \quad (9)$$

у ледников "горных склонов" - по формуле (5), преобразованной в вид

$$q_{пл} = 4 \cdot 10^{-9} S_{ол}^{0,12} \cdot K_{пл} \cdot F_{пл}, \quad (10)$$

где  $K_{пл}$  - коэффициент перевода средней толщины открытой части ледника в толщину "мёртвого" погребённого льда, в первом приближении принят равным  $0,5$ ;  $F_{ол}$  - площадь открытого льда;  $F_{пл}$  - площадь погребённого льда; у ледников горных склонов с площадью  $< 0,1 \text{ км}^2$  объём погребённого льда определяется по формуле (6), преобразованной в вид

$$q_{пл} = 4 \cdot 10^{-9} \left( \frac{F_{ол<0,1}}{n_{пл<0,1}} \cdot n_{пл<0,1} \right)^{0,12} \cdot K_{пл} \cdot F_{пл<0,1}, \quad (11)$$

где  $F_{ол<0,1}$  - общая площадь открытого льда ледников в бассейне реки с площадью  $< 0,1 \text{ км}^2$ ;  $n_{пл<0,1}$  - общее количество ледников в бассейне реки с площадью  $< 0,1 \text{ км}^2$ , имеющих площади погребённого льда под боковыми и конечными моренами;  $F_{пл<0,1}$  - площадь погребённого льда у ледников с площадью  $< 0,1 \text{ км}^2$ . Значение  $K_{пл}$  приведено выше.

В формулах (8) и (9)  $F_{ол}$  и  $F_{пл}$  берётся в  $\text{км}^2$ , а в формулах (10) и (11) - в  $\text{м}^2$ .

Количество, площадь и объём ледников в бассейнах рек северного склона хр. Заилийский Алатау

Реки	Всего по району оледенения				Ледники с площадью > 0,1 км <sup>2</sup>						Ледники с площадью < 0,1 км <sup>2</sup>		
	Кол-во	F, км <sup>2</sup>	q, км <sup>3</sup>	Кол-во	F, км <sup>2</sup>	q, км <sup>3</sup>	Открытого льда		Погребённого льда		Кол-во	F, км <sup>2</sup>	q, км <sup>3</sup>
							F, км <sup>2</sup>	q, км <sup>3</sup>	F, км <sup>2</sup>	q, км <sup>3</sup>			
Узун-Каргалы	39	14,98	0,37	17	14,37	0,37	9,25	0,29	5,12	0,08	22	0,60	0,007
Чемолган	18	2,583	0,05	5	1,86	0,04	1,04	0,03	0,82	0,01	13	0,72	0,009
Каскелен	31	13,67	0,48	12	12,73	0,47	9,16	0,40	3,58	0,07	19	0,93	0,011
Аксай	25	14,07	0,40	13	13,64	0,39	9,75	0,32	3,89	0,07	12	0,42	0,005
Каргалинка	10	3,75	0,08	3	3,02	0,07	2,14	0,06	0,88	0,02	7	0,71	0,008
Проходная	38	6,47	0,15	14	5,91	0,14	3,73	0,11	2,18	0,03	24	0,56	0,007
Б. Алматинка	51	21,74	0,68	28	20,93	0,67	15,9	0,58	5,02	0,09	23	0,81	0,011
М. Алматинка	22	8,27	0,28	10	7,88	0,28	6,06	0,24	1,81	0,03	12	0,40	0,005
Левый Талгар	81	64,09	2,66	45	62,89	2,65	52,2	2,42	10,72	0,23	36	1,20	0,014
Средний Талгар	37	29,77	1,35	22	29,14	1,34	23,66	1,23	5,48	0,11	15	0,64	0,008
Правый Талгар	11	4,20	0,13	3	4,10	0,13	2,98	0,11	1,12	0,02	8	0,10	0,001
Иссык	49	44,52	1,84	25	43,18	1,82	34,47	1,64	8,70	0,19	24	1,35	0,017
Тургень	48	33,76	1,18	29	32,77	1,16	24,98	1,01	7,80	0,16	19	0,98	0,012
<b>Всего</b>	<b>460</b>	<b>261,82</b>	<b>9,66</b>	<b>226</b>	<b>252,43</b>	<b>9,54</b>	<b>195,30</b>	<b>8,43</b>	<b>57,13</b>	<b>1,11</b>	<b>234</b>	<b>9,42</b>	<b>0,116</b>

Таблица

Данные для расчёта объёма ледников берутся из табл. 1 Каталога ледников.

Итоговая таблица, завершающая данную краткую информацию об оледенении на северном склоне хр. Заилийский Алатау по состоянию на 1990 г., для удобства анализа данных представлена в виде 3-х структурных подразделений по принятым в Каталоге принципам учёта размеров оледенения и особенностей их количественных изменений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Макаревич К.Г., Поляков В.Г. Пространственно-временная изменчивость ледниковой системы Заилийского Алатау. – МГИ. вып. 76, М., 1993, с. 90 – 95.
2. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Мониторинг оледенения южного склона Заилийского Алатау в бассейне р. Чилик. – Географические основы устойчивого развития республики Казахстан. Институт географии МН РК, Алматы, “Гылым”, 1998, с. 55 – 62.
3. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н., Хонин Р.В. Деградация оледенения северного склона Заилийского Алатау во второй половине XX века. - Вестник КазГУ, серия географическая. Алматы, Изд-во КазГУ, 1997, № 4, с. 13 – 17.
4. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н., Хонин Р.В. Методические основы и программа аэрофото- топографического мониторинга современного оледенения Казахстана. Вестник КазГУ, серия географическая, вып. 2, Алматы, 1995, с. 169 – 177.
5. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Особенности эволюции ледников Казахстанской части Заилийского Алатау. Устойчивость, антропогенная трансформация и оптимизация природной среды Казахстана. Материалы республиканской научной конференции. Алматы, КазГУ, 1998, с. 142 – 144.
6. Вилесов Е.Н., Хонин Р.В. Каталог ледников СССР, том 13 Центральный и Южный Казахстан, вып. 2 Бассейн оз.Балхаш, часть 1. Бассейны левых притоков р. Или от устья р. Тургень до устья р. Курты, ГИМИЗ, Л., 1967, 79 с.
7. Госагропром СССР, Казахский филиал ВИСХАГИ. Материалы по объекту К-86 - ледники. Список названий и площадей ледников Заилийского и Кунгей Алатау и Чилико-Кеминской перемычки. Алма-Ата, 1987 г.
8. Мазо А.Б., Глазырин Г.Е. Метод расчёта объёма стационарного горного ледника. Тр. САНИИ, вып. 117 (198), 1986, с. 88 – 98.

9. Мачерет Ю.Я., Черкасов П.А., Боброва Л.И. Толщина и объём ледников Джунгарского Алатау по данным аэрофотозондирования.- МГИ. вып. 62, 1988, с. 59-71.
10. Новый Каталог ледников Заилийско-Кунгейской ледниковой системы. Черкасов П.А., Ерисковская Л.А., Каймулдаева К.М. и др., - Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан, Алматы "Гылым". - 1998. - С. 8 - 16.
11. Руководство по составлению Каталога ледников СССР Л., ГИМИЗ, 1966, 154 с.
12. Driedger C.L., Kennard P.M. Glacier volume estimation on Cascade volcanoes: an analysis and comparison with other methods - Annals of Glaciology, Vol. 8, 1986, p. 59 - 64.

Институт географии МО и Н РК

### **1990 Ж. ЖАҒДАЙ БОЙЫНША ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ СОЛТҮСТІК БЕТКЕІ МҰЗДАҚТАРЫНЫҢ КАТАЛОҒЫ**

Геогр. ғылымд. докторы      П.А. Черкасов  
    Л.А. Ерисковская  
    С.В. Ударцев  
    Т.В. Солодовникова

*СПР-3М түсірілген аэрофотосурет материалдары бойынша жасалған мұздақтардың жоспары бойынша 1990 ж. жағдай бойынша Іле Алатауының солтүстік беткеіндегі мұздақтар каталогы жасалған. Олардың аудандары ГИС-те қабылданған компьютерлік әдістермен, ал көлемі мұздақтардың морфологиясын ескере отырып жасалған біздің әдісімізбен есептелген.*

УДК 551.321/322

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И  
ПЛОЩАДИ ЛЕДНИКОВ НА СЕВЕРНОМ СКЛОНЕ  
ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ ЗА ПЕРИОД 1955 - 1990 ГГ.**

Доктор геогр. наук П.А. Черкасов

*Дается краткая критическая оценка всех имеющихся данных о размерах оледенения Заилийского Алатау за 1955 – 1990 гг. и методах их анализа.*

В настоящее время представляется возможным впервые провести сравнительный анализ сведений о количестве и площади ледников, приведённых в Каталоге ледников СССР, полученных по картам масштаба 1:100000 аэрофотосъёмки 1955 г [3], по картам масштаба 1:25000 аэрофотосъёмки 1974 г [5], по фотопланам в масштабе 1:25000, построенным во Всесоюзном институте сельскохозяйственных агро-геодезических исследований (ВИСХАГИ) [1, 4] за 1979 г, по [2] за 1955-1990 гг. и данным Каталога, полученного по планам ледников, построенных на топографических картах масштаба 1:25000 аэрофотосъёмки 1974 г путём обработки негативов аэрофотосъёмки 1990 г на стереопроекторе Романовского (СПР-3М) [7]. В [7] показано, что за исследуемый период происходил неуклонный рост количества ледников: от 307 в 1955 г до 460 в 1990 г. Это явление связано не только с процессом распада ледников на более мелкие в ходе их деградации, но, в большей мере, - с увеличением точности исходного картографического материала и технических методов их получения. Сравнение данных показывает, что авторы первого Каталога не могли учесть по картам масштаба 1:100000 некоторую часть ледников с площадью  $> 0,1$  км<sup>2</sup> и, тем более, - с площадью  $< 0,1$  км<sup>2</sup> потому, что ледники там не были показаны, хотя, как указывают авторы, они располагали материалами аэрофотосъёмки. При анализе данных изменения площади чистой поверхности ледников первого Каталога [3] с данными, полученными в ВИСХАГИ [4] авторы меняли общую площадь, приведённую в [3] и равную 271,2 км<sup>2</sup> в сторону увеличения: в статье [1] она стала 272,6 км<sup>2</sup>, а в статье [2] подскочила до 287,3 км<sup>2</sup>. Авторы этих оценок считают, что теперь она правильная, хотя нигде не сказано, на основании какой модели были введены

эти исправления. Таким путём появилась величина изменения площади оледенения за 24 года, равная  $44,6 \text{ км}^2$  в [1], а затем равная  $58,25 \text{ км}^2$  во [2]. Когда мы сравнили данные Каталога за 1955 г [3] с нашими данными за 1974 г [5], то оказалось, что за 19 лет этого периода количество ледников возросло на 46 единиц, а площадь оледенения уменьшилась на  $30,76 \text{ км}^2$ . За 5 лет (с 1974 по 1979 гг.) количество ледников уменьшилось на 91 единицу, а площадь – на  $12,19 \text{ км}^2$ . По нашим данным за период с 1955 по 1979 гг. площадь оледенения уменьшилась на  $42,95 \text{ км}^2$ , т.е. на  $15,3 \text{ км}^2$  меньше, чем в [2]. Описанные выше расхождения в данных о количестве ледников и их площади за 1955 и 1974 гг. с данными за 1979 г. связаны, в первую очередь, с тем, что на фотопланах высокогорной местности, составленных в ВИСХАГИ с большими контрастами расчленения рельефа и светотеней, технически было невозможно учесть (выделить) площади расположения средних и мелких по размерам ледников. В связи с этим приводится заметно заниженное количество ледников и их площади. Этот метод по своим техническим данным для составления каталогов горных ледников не пригоден. Кроме того, данные ВИСХАГИ представляют собой только площади чистой поверхности ледников.

Есть и явные ошибки авторов [1]. Например, в бассейне р. Каскелен по картам масштаба 1:25000 на 1974 г числится 7 ледников больше  $0,1 \text{ км}^2$  с общей площадью  $1,85 \text{ км}^2$ , а у авторов Каталога на 1955 г эти данные полностью отсутствуют.

Все это позволяет, по нашему мнению, сравнивать данные только 1974 и 1990 гг. Они также сильно отличаются по количеству ледников. По данным обработки негативов на СПР-3М за 1990 г их оказалось на 107 единиц больше, чем в нашем Каталоге за 1974 г. По данным [2] за 1990 г их было 330, что на 130 единиц меньше определенных нами на СПР-3м.

Этот факт, прежде всего, указывает на то, что на топографических картах даже крупного масштаба в большинстве своём не картировались ледники с площадью  $< 0,1 \text{ км}^2$ . Но по нашим данным за 1974 - 1990 гг., т.е. за 16 лет, ледники с площадью  $> 0,1 \text{ км}^2$  нормально уменьшились на 37 единиц и по площади - на  $28,8 \text{ км}^2$ , хотя увеличение числа мелких ледников формально привело к увеличению площади ледников  $< 0,1 \text{ км}^2$  на  $4,7 \text{ км}^2$ . За этот период площадь чистого льда уменьшилась на  $38,6 \text{ км}^2$ , а площадь погребённого льда возросла на  $19,4 \text{ км}^2$ .

Соответствующие соотношения складывались в результате определения объёма льда за 1974 - 1990 гг., по изложенной в [7] методике. Те-



перь, по представленным выше данным, определим среднюю скорость сокращения оледенения на северном склоне Заилийского Алатау по периодам наблюдений 1955 - 1990 гг.

1. По нашим расчётам (см. табл. 1). С 1955 по 1974 гг. оледенение северного склона хребта сокращалось по  $1,62 \text{ км}^2/\text{год}$ ; с 1955 по 1979 гг. – по  $1,79 \text{ км}^2/\text{год}$ ; с 1974 по 1990 гг. – по  $2,40 \text{ км}^2/\text{год}$ ; с 1979 по 1990 гг. – по  $2,40 \text{ км}^2/\text{год}$ ; а в интервале лет с 1974 по 1979 гг. – по  $2,44 \text{ км}^2/\text{год}$  т.е. неоправданно завышено за счёт недоучёта площади ледников в 1979 г.

2. По данным [2]: с 1955 по 1979 гг. ледники всего северного склона хребта сокращались по  $2,43 \text{ км}^2/\text{год}$ , а с 1979 по 1990 гг. - по  $2,32 \text{ км}^2/\text{год}$ .

Из опыта многочисленных натуральных наблюдений известно, что скорость сокращения длины (а, следовательно, и площади) ледников во второй половине 20 века возрастала от 5-10 м/год в 40 - 60-х годах до 15-20 м/год в 70 - 90-х годах. Этот факт хорошо отразился в наших описанных расчётах скорости сокращения площади: она постепенно нарастала. По данным [2] - наблюдается совершенно противоположный процесс: скорость сокращения площади ледников за описываемый период убывала, что не соответствует повсеместно наблюдавшимся процессам уменьшения количества осадков на ледниках и потепления климата. Эти данные не заслуживают доверия.

Мы – гляциологи Института географии – на все даты аэрофотосъёмки периода мониторинга оледенения гор Казахстана, составляем Каталоги ледников – официальные документы по учёту водных ресурсов Казахстана, представленных в виде чистого и погребённого под боковыми и конечными моренами льда, а площади ледников определяются по высотным зонам, как для определения высоты фирновой линии на моменты картирования, так и для расчёта сумм абляции. Эти данные необходимы нам как для оценки скорости изменчивости и устойчивости оледенения гор в связи с изменением климата, так и для расчёта ледниковой составляющей стока рек, что является важным фактором для развития всех видов хозяйственной деятельности на предгорных территориях в настоящее время и ближайшем будущем.

Гляциологи из КазГУ [2] рутинной работой по составлению Каталогов ледников себя не утруждают. Они занимаются мониторингом только чистой поверхности ледников, а на все остальные виды льда не обращают внимания. А их площадь, по ориентировочным подсчётам на 1990 г. составляют  $60 \text{ км}^2$  или 23% от общей площади оледенения.

Таблица  
Изменения количества и площади ледников на северном склоне Заилейского Алатау за ряд периодов лет определения

	Размерность		1955	1974	Δ	1974	1979	Δ	1974	1990	Δ
	Все ледники района	Количество	км <sup>2</sup>	307	353	+46	353	262	-91	353	460
Ледники > 0,1 км <sup>2</sup>	Количество	км <sup>2</sup>	308,3	286,0	-22,3	286,0	-	-	286,0	261,9	-24,1
Ледники < 0,1 км <sup>2</sup>	Количество	км <sup>2</sup>	251	263	+12	263	248	-15	263	226	-37
	Количество	км <sup>2</sup>	306,7	281,3	-25,4	281,3	-	-	281,3	252,4	-28,9
	Количество	км <sup>2</sup>	56	90	+34	90	14	-76	90	234	+144
Площадь чистого льда		км <sup>2</sup>	1,6	4,7	+3,1	4,7	-	-	4,7	9,4	+4,7
Площадь погребённого льда		км <sup>2</sup>	271,2	240,4	-30,8	240,4	228,2	-12,2	240,4	201,9	-38,6
		км <sup>2</sup>	37,1	40,8	-3,7	40,8	-	-	40,8	60,0	+19,4

Примечание: Δ - разность между данными различных лет.

Из проведённого анализа данных следует, что достаточно точную оценку изменения общего количества и площади ледников за период с 1955 г. по 1990 г. в бассейнах рек Заилийского Алатау простым сравнением их сумм получить нельзя. Определить изменения размеров оледенения за указанный период возможно только путём сравнения сведений о каждом отдельном леднике, приведённом в Каталогах, а за опорные должны быть приняты данные о состоянии оледенения за 1990 г., полученные с помощью СПР-3М по материалам аэрофотосъёмки. Результаты таких исследований дадут возможность оценить интенсивность изменения ледников различных морфологических типов в зависимости от их экспозиции и абсолютной высоты расположения конца языка ледников.

Предстоит большая работа по созданию методики идентификации сравниваемых данных об изменении площади и объёма ледников северного склона хр. Заилийский Алатау и только этим путём можно будет получить надёжную оценку изменения размеров оледенения в зависимости от режима метеорологических условий в пределах изучаемой территории за период 1955 – 1990 гг.

Без учёта площади мелких ледников, выпавших из итоговых сумм определения площади оледенения до 1990 г по описанным выше причинам, приведём предварительные ориентировочные данные скорости изменения размеров оледенения на северном склоне Заилийского Алатау за период с 1955 по 1990 годы (Табл. 2).

Таблица 2

Изменение площади и скорости сокращения оледенения Заилийского Алатау

	Год определения			
	1955	1974	1979	1990
Площадь чистого льда, км <sup>2</sup>	271,2	240,4	228,2	201,9
% потери площади относительно 1955 г	0	-11,3	-15,8	-25,6
Скорость изменения площади км <sup>2</sup> /год	-1,62	-2,44		-2,40
В среднем за периоды %/год	-0,63	-1,02		-1,10

Из изложенного материала видно, что скорость изменения площади ледников, выраженная в км<sup>2</sup>/год или в процентах, изменяется, как минимум, под влиянием трёх факторов: - изменения климата; - ориентации макросклонов горных хребтов в сочетании с циркуляцией атмосферы; - морфологии типов ледников и их расположения на горном рельефе. Отсюда следует, что пользоваться каким-то единым средним арифметиче-

ским показателем изменения размеров оледенения из выше названных факторов, или даже средним для всех трёх факторов – практически нельзя.

В последующие годы анализ изменения запасов льда во всей Заилийско-Кунгейской ледниковой системе будет осуществляться по восстановленным данным за 1939 - 1955 - 1974 - 1979 - 1990 годы; а для Джунгарской ледниковой системы - за 1956 - 1972 - 1990 годы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Макаревич К.Г., Поляков В.Г. Пространственно-временная изменчивость ледниковой системы Заилийского Алатау. – МГИ, Вып. 76, М., 1993, С. 90 – 95.
2. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Современная деградация оледенения северного склона Заилийского Алатау. – МГИ, Вып. 84, 1998, С. 52 – 59.
3. Вилесов Е.Н., Хонин Р.В. Каталог ледников СССР, том 13 Центральный и Южный Казахстан, Вып. 2 Бассейн оз. Балхаш, часть 1. Бассейны левых притоков р. Или от устья р. Тургень до устья р. Курты, ГИМИЗ, Л., 1967, 79 с.
4. Госагропром СССР, Казахский филиал ВИСХАГИ. Материалы по объекту К-86 – ледники. Список названий и площадей ледников Заилийского и Кунгей Алатау и Чилико-Кеминской перемычки. Алма-Ата, 1987 г.
5. Новый Каталог ледников Заилийско-Кунгейской ледниковой системы. Черкасов П.А., Ерисковская Л.А., Каймулдаева К.М. и др., - Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан, Алматы “Гылым”. – 1998. - С. 8 - 16.
6. Черкасов П.А. Мониторинг ледниковых систем Или-Балхашского бассейна. Международный экологический форум “Балхаш-2000” (по проблемам устойчивого развития Или-Балхашского бассейна 16 – 18 ноября 2000 г, г. Алматы). Сборник материалов и докладов, вып. 1, Алматы, 2000, С. 190 – 203.
7. Черкасов П.А., Ерисковская Л.А., Ударцев С.В., Солодовникова Т.В. О Каталоге ледников северного склона Заилийского Алатау по состоянию на 1990 г.// Гидрометеорология и экология. – 2002. - № 1. – С. 123 - 134.

Институт географии МО и Н РК

### 1955-1990 ЖЖ. АРАЛЫҒЫНДА ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ СОЛТҮСТІК БЕТКЕЙІНДЕГІ МҮЗДАҚТАР САНЫ МЕН АУДАНЫНЫҢ ӨЗГЕРУШІ АЛДЫН АЛА ТАЛДАУ

Геогр. ғылымд. докторы П.А. Черкасов

1955-1990 жж. аралығындағы Іле Алатауының мұздақтануы туралы барлық мәліметтер және оларды талдау әдістері сынай отырып қысқаша бағаланады.

УДК 504.06(574)

**КОНЦЕПЦИЯ КОДИФИКАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Канд. экон. наук

А.М. Шукпутов

Доктор техн. наук

М.С. Дуамбеков

*В статье приводятся обоснования необходимости кодификации экологического законодательства, обобщения, систематизации и конкретизации норм разработки экологического кодекса, направленного на сохранение и улучшение окружающей среды.*

Модель устойчивого развития предполагает неразрывность задач сохранения окружающей природной среды и экономического развития. Устойчивое развитие обеспечивает должный баланс между решением социально-экономических проблем и сохранением окружающей среды, удовлетворением основных жизненных потребностей нынешнего поколения с сохранением таких возможностей для будущих поколений. Состояние окружающей среды является отражением уровня развития всего общества. Антропогенные изменения современной биосферы свидетельствуют об усилении опасных тенденций во взаимоотношениях природы и человека. Проблемы загрязнения окружающей среды и истощения ресурсов могут быть решены совместными усилиями со стороны государства, различных организаций и простых людей, для этого необходимо усиление механизмов реализации экологического законодательства.

Экологическое законодательство (законодательство в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов) в настоящее время является одним из наиболее развитых, охватывающих все стороны жизни и деятельности человека. Принято 11 специальных законов, ратифицировано 18 экологических конвенций. В перспективе намечена разработка еще 11 законов и присоединение к 6 конвенциям. Нормы экологического права включены более чем в 30 общегражданских законодательных актов.

Развитость и разветвленность законодательства порождает и определенные трудности в его использовании. Большинство экологических законов связано между собой и изменение одного требует изменения

большинства других, что наряду со значительными трудовыми затратами нередко нарушает общую систему экологического законодательства, порождает противоречия между законами и подзаконными актами.

Кроме того, для реализации указанных законов требуется большое количество подзаконных нормативных документов, что делает достаточно сложным практическое исполнение указанных законов. Например, в настоящее время действует 11 экологических законов и около 200 подзаконных нормативных документов и по рекомендациям экспертов необходимо, как минимум, удвоить их количество, но тогда переработка такого объема документов вообще становится нереальной.

Вместе с тем, системный подход к решению основных проблем сохранения окружающей среды и природных ресурсов, использование их как в интересах современного, так и будущих поколений, все более требует систематизации и общей взаимоувязки всех экологических требований, всех вопросов обеспечения экологической безопасности, сохранения биологического разнообразия животного и растительного мира.

Поэтому дальнейшее реформирование законодательства необходимо направить не на увеличение экологических законодательных норм, а на их систематизацию и повышение действенности. Именно эту задачу может решить кодификация экологического законодательства, т.е. обобщение, систематизация и конкретизация норм по сохранению окружающей среды и природных ресурсов в экологическом кодексе, большинство положений которого должны быть прямого действия без отсылки к подзаконным нормативным документам.

Объединение природноресурсных законов в Экологическом кодексе сменит их хозяйственную направленность на природоохранную и восстановительную. В Казахстане особенно важно это для водного и лесного законодательства, где до сих пор преобладают тенденции всемерного развития хозяйственного использования природных ресурсов. В то же время, специализированные законы по природным ресурсам построены как обычные законы и уровень кодификации в них незначителен. Хотя Россия и другие страны СНГ идут по пути кодификации именно этих законов, это может быть только промежуточным этапом, неоправданной потерей времени.

Создание Экологического кодекса будет закономерным продолжением прогрессивного процесса кодификации законодательства, осуществляемого в настоящее время в Казахстане.

Экологический кодекс позволит решить следующие задачи:

(1) доведение до необходимого минимума декларативных положений, сокращение теоретизированных принципов, целей и задач;

(2) возможность прямого действия норм, снабжение их механизмами исполнения, инструментами реализации включенных в них предписаний;

(3) провозглашение и обеспечение гарантий соблюдения признанных мировым сообществом экологических прав человека и гражданина, наполнение их конкретным содержанием - обеспечение эколого-гуманитарных аспектов развития общества;

(4) проведение в жизнь приоритета охраны жизни и здоровья человека, создания благоприятных экологических условий для его жизнедеятельности, труда и отдыха, как главных задач деятельности по охране окружающей среды, но не путем неоднократного повторения этих тезисов, а через установление конкретных норм и требований, без дублирования принципа;

(5) использование норм и правил международных договоров, по вопросам охраны окружающей среды, усиление координации межрегиональных и ведомственных усилий по обеспечению качества окружающей среды;

(6) отражение формирующейся в обществе позиции единого государственного органа управления, ответственного за регулирование природопользования, координацию действий ведомств, предприятий, организаций и учреждений по оздоровлению окружающей среды и улучшению ее качества, наделение его соответствующими правами и полномочиями;

(7) исключение дублирования с другими законодательными актами аналогичной силы.

Министерством начаты работы по подготовке проекта Экологического кодекса. В настоящее время создана рабочая группа с участием депутатов парламента, международных организаций: ОБСЕ, ЮСАИД, ПРООН, ГЭФ, ИСАР, АБР и НПО. Проведены три круглых стола рабочей группы по экологическому кодексу (май, август, октябрь 2001 г.). Экологический кодекс должен подразделяться на Общую часть, состоящую из 2 разделов и содержащую нормы, регулирующие общие вопросы охраны окружающей среды и использования природных ресурсов, и Особенную, состоящую из 5 разделов и регулиющую вопросы природопользования по его отдельным отраслям.

В первом разделе предусматривается представить терминологию, определить задачи и приоритеты экологической политики, объекты окружающей среды и субъекты природопользования.

Во втором, будут определены основные составные части и функции государственного управления, включая вопросы государственного экологического контроля, государственной экологической экспертизы, Единой государственной информационной системы мониторинга окружающей среды и природных ресурсов, государственного учета и планирования использования природных ресурсов, природно-заповедного фонда и особо охраняемых природных территорий, экологического нормирования, стандартизации и сертификации, научных исследований в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов, экологического образования и воспитания, международного сотрудничества.

В третьем разделе будут собраны нормы, регулирующие охрану каждого объекта окружающей среды: атмосферного воздуха, озонового слоя Земли и климата, земель, вод, недр, животного и растительного мира, особо охраняемых природных территорий.

В четвертый раздел будут включены нормы, регулирующие вопросы природопользования, в том числе сбора средств за загрязнение окружающей среды и использование природных ресурсов, использования и воспроизводства всех природных ресурсов в отдельности. Также необходимо законодательно закрепить механизмы взаимоотношения общества и природы, государства и природопользователя с главным приоритетом «потребитель (загрязнитель) платит».

В пятом разделе предусматривается определить экологические требования по обязательной оценке воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности, а также при перспективном планировании развития производительных сил и размещения производства, при проектировании, строительстве, реконструкции и вводе в эксплуатацию предприятий сооружений и иных объектов, при эксплуатации предприятий сооружений, иных объектов и выполнении иной деятельности, при размещении отходов производства и потребления.

Шестой раздел будет регулировать вопросы возмещения вреда, нанесенного окружающей среде, в том числе его оценки, ответственности за экологические правонарушения, возмещения вреда, разрешения споров и обязательного страхования ответственности за нанесение вреда.



Седьмой раздел будет содержать нормы, регулирующие вопросы объявления и ликвидации чрезвычайных экологических ситуаций, объявления и снятия статуса зон экологического бедствия.

В заключении можно отметить, что разработка экологического кодекса, объединяющего в себе природноресурсные законы имеющие положения прямого действия без ссылки к подзаконным нормативным документам даст возможность скорее решить наши стратегические задачи стабилизация качества окружающей среды и дальнейшего его улучшения. В настоящее время разработка «Экологического кодекса» включена в план мероприятий по реализации программы действия Правительства Республики Казахстан на 2002-2004 гг.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды РК

### **ТҰРАҚТЫ ДАМУ УШІН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЗАҢДАРДЫ КОДИФИКАЦИЯЛАУ КОНЦЕПЦИЯСЫ**

*Экон. ғылымд. канд.* А.М. Шукпутов

*Техн. ғылымд. докторы* М.С. Дуамбеков

*Мақалада экологиялық заңдарды кодификациялау, қоршаған ортаны сақтау мен жақсартуға бағытталған экологиялық кодексті жасау нормаларын жалпылау, жүйелеу және нақтылау қажеттілігінің негіздемелері келтірілген.*

УДК 504.53.574

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ  
СРЕДУ ПО ДАННЫМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Канд. геогр. наук                      И.Н. Шмарова  
Канд. геогр. наук                      Г.К. Турулина

*В статье дается краткий обзор методов оценки и прогнозов влияния хозяйственной деятельности на окружающую среду, разработанных в различных странах мира. Приведен анализ возможности их применения для решения задач в области охраны окружающей среды.*

Методы оценки и прогнозирования воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду в той или иной степени разрабатываются при любом исследовании природных объектов. Однако подходы к методам оценки и прогнозирования разных экосистем в зависимости от ряда обстоятельств весьма различаются. Эти обстоятельства определяются как концепциями, на которых основываются исследования, так и информационной обеспеченностью оценок и прогнозов. Качество оценок и прогнозов во многом определяется тем, насколько глубоко исследована природная изменчивость экологических процессов. А это требует организации и проведения многолетних режимных наблюдений (системы экологического мониторинга) с целью выявления естественных циклов динамики всех компонентов экосистем. По мере получения данных в результате проведения экологического мониторинга экосистем актуальным становится вопрос о преобразовании их в форму, доступную и удобную для проведения оценки и прогнозирования воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду.

Большое разнообразие методов и средств оценки и прогнозирования воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду условно можно подразделить на несколько больших групп: картографические методы, метод контрольных списков, матричные методы, методы сетей, адаптивные методы и процедуры моделирования.

В данной статье сделан краткий обзор картографических методов, методов контрольных списков, матричных, сетевых и адаптивных методов, разработанных в разных странах мира. В конце статьи приведен анализ возможности применения перечисленных методов для решения задач в области охраны окружающей среды.

### **Картографические методы**

#### **1. Метод наложения или совмещенного анализа карт.**

Это наиболее простой и наглядный метод, предложенный Мак-Харгом [1, 5, 11]. Используется набор прозрачных карт (с координатной сеткой и топографией), каждая из которых представляет пространственное распределение параметров окружающей среды (например, загрязнение воздуха). Каждая карта покрывается штриховкой, при этом локализация заштрихованных мест и густота штриховки (используют три градации густоты) показывают степень воздействия проекта на выбранный параметр. Путем совмещения отдельных карт получают суммарную картину воздействия проекта на анализируемую территорию (совмещают не более 10 карт, чтобы результирующая карта была читаемой). Эффективность метода совмещения может быть повышена при применении ЭВМ. В этом случае параметры задаются в численном виде в узлах некоторой сетки точек. В процессе анализа параметрам могут быть приданы некоторые веса в зависимости от их значимости.

В работе [4] предложена имитационная картографическая модель, состоящая из трех блоков карт: а) инвентаризационных, дающих наиболее общее представление о соотношении хозяйственных и природных объектов на исследуемой территории; б) покомпонентных (оценочных и прогнозных), предназначенных для изучения влияния хозяйственной деятельности на отдельные компоненты природной среды; в) интегральных, на которых дается оценка (в баллах) состояния природной среды в целом по изучаемой территории. Методы создания обобщающих интегральных карт основаны на совмещении ареалов изменения различных природных ресурсов и выявлении сочетаний противоречий природопользования. Легенда карты представляет собой матрицу, где по вертикали приводятся оцениваемые компоненты природной среды, а по горизонтали – природопользователи, использующие одни и те же компоненты природной среды. В результате анализа интегральных карт-сценариев путем имитационных экспериментов (проигрывания вариантов) создаются карты предложений по рациональному природопользованию в регионе.

Картографические методы обладают рядом достоинств – наглядностью представления и сравнительной простотой реализации.

## 2. Метод контрольных списков.

Метод разработан специалистами США [1, 11] и позволяет оценивать воздействия 78 параметров, разделенных на четыре категории (сферы): сфера экологии, физико-химическая сфера, сфера чувственного восприятия, сфера человеческой деятельности (социум). Каждому из выбранных показателей воздействия междисциплинарная группа экспертов присваивает вес способом фракционирования (1000 единиц распределяется между параметрами в соответствии с их относительной важностью). Кроме того, для каждого параметра экспертным путем строится «функция значимости», связывающая значения параметров с качеством окружающей среды. Используя функции значимости эксперты определяют разницу в нормированных значениях каждого параметра до и после воздействия. Умножив эту разницу на определенный ранее вес параметра, получают его «Индикатор воздействия», а просуммировав получают агрегированную оценку воздействия. С помощью агрегированных оценок производится сравнение альтернативных проектов. Согласование мнений экспертов при выборе весов параметров, при построении функций значимости, при прогнозировании изменений качества окружающей среды производится с помощью метода Дельфи.

Достоинством этого метода является то, что он позволяет не только идентифицировать, но и прогнозировать величину воздействия. Недостатком метода является отсутствие механизма для оценки воздействия между перечисленными в контрольном списке параметрами.

## Матричные методы.

### 1. Матрица Леопольда.

В матрицах, которые используются при проведении оценки воздействия, два контрольных списка располагаются вдоль перпендикулярных осей, что дает возможность избежать упомянутого выше недостатка и получать качественную информацию взаимосвязях вида причина-следствие.

В матрице Леопольда по горизонтали [1, 7, 11] перечислены 100 различных действий, которые могут влиять на окружающую среду, например, сооружение плотины, переработка полезных ископаемых, полеводство, сброс сточных вод и т.д., а по вертикали – 88 характеристик качества окружающей среды (качество атмосферного воздуха, воды, ланд-

шафтный дизайн, размещение отходов, евтрофикация и т.д.). При наличии воздействия на пересечении столбца и строки проставляются два числа в интервале от 0 до 10: в числителе – для обозначения величины воздействия; в знаменателе – для обозначения значимости воздействия. Позитивные и негативные воздействия обозначаются соответственно знаками "+" и "-". С помощью Матрицы Леопольда наглядно можно отразить 8800 взаимодействий, хотя на практике число их колеблется от 25 до 50. Никакие агрегированные индексы при таком способе ОВОС не предусматриваются, поэтому при анализе альтернативных вариантов ЛПР приходится анализировать большое количество информации.

Матрицы типа матрицы Леопольда могут быть полезны для проведения оценки воздействия в крупных региональных проектах, так как они дают обобщенное, но хорошее приближение, ускоряющее всестороннее междисциплинарное рассмотрение первичных воздействий на окружающую среду. Метод не требует больших затрат ресурсов. Но отсутствие возможности прогнозирования воздействия и идентификации вторичного воздействия (воздействия более высокого порядка) существенно ограничивает применение методов описательных матриц.

## 2. Матрица Петерсона.

Процедура анализа воздействия, предложенная Петерсоном [10], включает в себя разработку двух матриц. В матрице А идентифицируется возможное воздействие 26 элементов каждого из альтернативных вариантов проекта (количество заводов без очистки и с биологической очисткой сточных вод, сельскохозяйственные угодья, энергетические установки и т.д.) на 16 параметров окружающей среды (качество поверхностных вод, воздуха, почв, биотические сообщества и т.д.). Междисциплинарная группа экспертов оценивает воздействие в баллах в интервале от -3 до 3. В матрице В в тех же величинах оценивается воздействие, которое могут оказать измененные под влиянием проекта компоненты природной среды на социальные факторы (плотность населения, здоровье, производство продуктов, уровень занятости населения и т.д. – всего 19 факторов), т.е. вторичное воздействие. Произведение этих матриц определяет воздействие элементов проекта на социальные факторы. Умножив эту матрицу на вектор весов значимости социальных факторов и просуммировав значения результирующего вектора-столбца, получают единую агрегированную оценку воздействия проекта, при этом единственной входной информацией являются субъективные оценки бригады экспертов. Низкая ресурсоемкость метода позволяет про-

водить интерактивные процедуры оценки на ранних стадиях разработки проекта и вносить необходимые изменения в проект. Положительным моментом можно считать и то, что метод позволяет дифференцировать первичные и вторичные воздействия. Вместе с тем этот метод не обеспечивает возможности прогнозирования воздействия.

### **3. Матрица взаимодействующих компонентов.**

В этой матрице, описанной в работах [5, 8, 11], одни и те же компоненты окружающей среды перечислены по горизонтали и вертикали. Набор компонентов и их количество зависят от проекта. Там, где идентифицируются прямые зависимости, на пересечении строк и столбцов представляются единицы, т.е. в терминах сетевого анализа формируется матрица смежности [6]. Этот способ использовался для анализа пяти предполагаемых мест сооружения порта по вывозу леса [11], при этом рассматривался 21 компонент природной среды и было выявлено 120 зависимостей первого порядка. Чтобы определить число возможных зависимостей более высокого порядка между указанными компонентами, матрица смежности возводится в степень (в данном конкретном случае были исследованы зависимости вплоть до пятого порядка). Затем формируется матрица кратчайших цепей между компонентами, при этом все ячейки исходной матрицы взаимодействующих компонентов заполняются целыми числами, указывающими длину кратчайших связей, соединяющих два компонента (выраженную в числах расположенных между ними узлов). Далее формируется матрица нарушений: эксперты анализируют воздействие предполагаемого проекта на цепи зависимостей, и нарушения, которые могут произойти, классифицируются по степени в баллах от 0 до 3. Выбирается вариант, который приведет к наименьшему количеству нарушений в цепях зависимостей.

Основным недостатком этого метода является то, что он только идентифицирует воздействия, но не дает возможности определить относительную важность воздействий, так как все воздействия входят с одинаковым весом. В то же время метод дает возможность идентифицировать воздействия более высоких порядков.

Таким образом, с помощью матриц можно четко идентифицировать только наличие связей (первичных или более высоких порядков) между компонентами природной среды. Направление же связей между воздействиями, а тем более, количественное выражение воздействия в каждом направлении получить нельзя. Для исследования направленных воз-

действий, воздействий более высоких порядков используются направленные диаграммы, называемые сетями.

Одним из наиболее ранних и известных способов для исследования направленных воздействий является ступенчатая матрица, разработанная Соренсеном [5, 8, 11] для оценки влияния различных вариантов использования земель на побережье Калифорнии. Этот метод позволяет проследить за динамикой воздействий и наглядно показывает не только направление, но и сущность связей разного порядка между компонентами природной среды. Но, как правило, из-за сложности и громоздкости применение данного метода ограничено третьим порядком взаимодействий. Воздействия в этом методе численно не оцениваются, поэтому он не применим для прогнозирования и сравнения проектных альтернатив.

В отличие от ступенчатой матрицы в сетевой диаграмме, основанной на энергетических сетевых методах [8, 11], компоненты природной среды соединяются сплошными линиями, определяющими направление потоков энергии между компонентами и их величину, выраженную в джоулях, децибелах или кюри. Преимуществом этого способа является возможность оценки большого числа воздействий в одинаковых единицах.

#### **Статистические методы.**

В работе [5] в качестве анализа обширной статистической и расчетной информации о состоянии загрязнения природной среды использовался факторный анализ. С его помощью проведено сжатие информации, т.е. выявлено небольшое число показателей-факторов, характеризующих основные направления воздействия. Выполнен расчет интегральной оценки интенсивности хозяйственной нагрузки на природную среду и сделана типология исследуемых территориальных единиц по направлениям и уровням хозяйственного воздействия. Взаимодействие природы и хозяйства рассматривалось в рамках природно-хозяйственных единиц (районов). Факторный анализ осуществлялся на базе матрицы исходных параметров размером  $37 \times 79$  (37 показателей по 79 административным районам). Из совокупности оценочных показателей выделено два вида: 1) показатели потенциальной нагрузки (плотность населения, урбанизированность территории и т.д.); 2) показатели, отражающие прямое воздействие на природные комплексы, или показатели прямой нагрузки (выбросы вредных веществ от различных источников, распаханность территории и т.д.). Величина каждого показателя относилась к площади администра-

тивного района для того, чтобы получить значение плотности нагрузки на кв. м его территории.

Математический аппарат факторного анализа выявляет лишь степень общности порайонного варьирования показателей. Вопрос же о характере общности, т.е. о том является ли связь между показателями причиной или случайной, решается на основе знаний об изучаемом явлении и конкретной территории, на которой оно проявляется. При расчетах использовались различные наборы показателей, заданное и произвольное число факторов.

В результате для оценки хозяйственного воздействия выбран вариант, содержащий пять факторов, вклад которых в интегральную нагрузку оценивается с помощью весовых коэффициентов, выбранных в соответствии со следующими критериями: 1) число компонентов природной среды, подвергаемых воздействию; 2) масштаб распространения воздействия; 3) наличие токсичных загрязнителей природной среды. На основе факторного анализа разработана типология хозяйственного воздействия и проведено оценочное районирование по характеру и уровню экологической нагрузки.

#### **Адаптивные методы.**

Адаптивные методы представляют не только общий подход к анализу воздействий, но также включают элемент принятия решений, основанный на анализе воздействия. Основная идея этих методов состоит в том, что оценки воздействия должны входить составной частью в процесс проектирования, а не производиться после того, как стадия проектирования завершена.

##### **1. Метод Сондхейма.**

При разработке этого метода основное внимание концентрировалось на следующих моментах:

- а) возможность легко перебирать проектные альтернативы;
- б) возможность гибкого включения в проектные альтернативы различных компонентов природной среды;
- в) выделение субъективных компонентов исследования, возможность включения мнения общественности;
- г) легкость повторной оценки, включающая возможность внесения изменений в индивидуальное шкалирование, взвешивание и другие типы оценки;



тивного района для того, чтобы получить значение плотности нагрузки на кв. м его территории.

Математический аппарат факторного анализа выявляет лишь степень общности порайонного варьирования показателей. Вопрос же о характере общности, т.е. о том является ли связь между показателями причиной или случайной, решается на основе знаний об изучаемом явлении и конкретной территории, на которой оно проявляется. При расчетах использовались различные наборы показателей, заданное и произвольное число факторов.

В результате для оценки хозяйственного воздействия выбран вариант, содержащий пять факторов, вклад которых в интегральную нагрузку оценивается с помощью весовых коэффициентов, выбранных в соответствии со следующими критериями: 1) число компонентов природной среды, подвергаемых воздействию; 2) масштаб распространения воздействия; 3) наличие токсичных загрязнителей природной среды. На основе факторного анализа разработана типология хозяйственного воздействия и проведено —оценочное районирование по характеру и уровню экологической нагрузки.

#### **Адаптивные методы.**

Адаптивные методы представляют не только общий подход к анализу воздействий, но также включают элемент принятия решений, основанный на анализе воздействия. Основная идея этих методов состоит в том, что оценки воздействия должны входить составной частью в процесс проектирования, а не производиться после того, как стадия проектирования завершена.

##### **1. Метод Сондхейма.**

При разработке этого метода основное внимание концентрировалось на следующих моментах:

- а) возможность легко перебирать проектные альтернативы;
- б) возможность гибкого включения в проектные альтернативы различных компонентов природной среды;
- в) выделение субъективных компонентов исследования, возможность включения мнения общественности;
- г) легкость повторной оценки, включающая возможность внесения изменений в индивидуальное шкалирование, взвешивание и другие типы оценки;

д) возможность использования интегрального и относительного шкалирования вместо обычно применяемого ординарного шкалирования.

При реализации методики создаются три специальные группы: 1) координационный центр; 2) группа «рейтингов»; 3) группа взвешивания.

В обязанности координационного центра входит: рассмотрение всех реалистических проектных альтернатив, включающих различные комбинации планов, проектов и размещений, которые могут быть утилизированы; определение окружающей среды как функции  $n$  независимых или квазизависимых аспектов, т.е.:

$$OC = f(a_1, a_2, \dots, a_n), \quad (1)$$

где каждый из  $n$  аспектов отражает ту или иную грань окружающей среды. Среди аспектов могут быть биологические, физические, химические, климатические, социальные, экономические факторы, каждый из которых следует определять четко, хотя и необязательно жестко.

Формирование «взвешивающей группы», которую входят представители правительственных, общественных, промышленных кругов. Люди, входящие в эту группу, являются экспертами и предполагается, что они ознакомлены с предлагаемыми проектами.

Каждый из членов группы рейтинга является специалистом по одному из  $n$  аспектов окружающей среды и рассматривает воздействие каждого из  $m$  альтернативных вариантов проекта на данный аспект. Для оценки воздействия может быть использован любой из представленных выше методов. Таким образом, формируется матрица рейтингов размерностью  $m \times n$ . Далее каждый из членов группы взвешивания оценивает каждый из  $n$  аспектов окружающей среды в баллах на интегральной или относительной шкале, т.е. ситуация аналогичная той, которая используется в группе рейтинга, но оценки в данном случае сугубо субъективны, никакие объективные процедуры для оценивания не используются. Результатом является матрица весовых оценок размером  $m \times u$ , где  $u$  – число членов группы взвешивания. Полученные матрицы умножаются. Матрица, полученная в результате умножения, стандартизируется и сокращается до вертикальной матрицы путем умножения по строкам. Затем производится ранжирование в порядке убывания сумм, т.е. в порядке предпочтительности проектов.

Метод позволяет сразу рассматривать любое количество проектных альтернатив, гибко согласовывать оценки, которые даются группой рейтингов, с весами, определенными группой взвешивания. При этом координационный центр должен следить за тем, чтобы оценки группы взвешивания

шивания не превалировали над оценками группы рейтингов и разделять объективные и субъективные оценки.

Недостатком данного метода является то, что при разработке схемы рейтингов не налагается никаких условий на интерактивные взаимосвязи, что не дает возможности определить синергетические моменты в рассмотренных природных компонентах.

## 2. *Анализ решений.*

Этот способ оценки воздействия применяется в том случае, когда рассматриваемый проект должен удовлетворять нескольким критериям (например, нужно минимизировать негативные социально-экономические эффекты, максимизировать безопасность населения, минимизировать отрицательные экологические эффекты). В – классической постановке это задача многокритериальной оптимизации (исследования операций). В ряде случаев критерии, по которым проводится оптимизация, могут быть представлены в стоимостной форме [2]. При этом многие факторы, которые не имеют стоимостного эквивалента, остаются неучтенными.

Для решения подобных задач американскими учеными был разработан метод, получивший название «анализ решений». В основу этого метода положено применение «функции полезности». Суть метода состоит в том, что с помощью специальных процедур разнородные свойства объекта оцениваются единым измерителем – полезностью [2, 10]. Функции полезности каждого из критериев определяются с помощью специальным образом формализованных процедур бригадой экспертов. Эти же процедуры позволяют включить в оценки вероятности достижения тех или иных целей (степень неопределенности и риска). Показателем предпочтительности того или иного варианта является многокритериальная функция полезности:

$$U(x) = \sum U(x_i) \cdot P(x = x_i), \quad (2)$$

где  $U(x_i)$  – функция полезности по отдельным критериям,  $P(x=x_i)$  – вероятности достижения целей по этим критериям.

Возможность учета неопределенности и степени риска при достижении целей, хорошо формализованные процедуры работы с экспертами, которые позволяют не только прогнозировать воздействия, но и давать рекомендации по достижению поставленных целей, являются несомненными достоинствами данного метода. Рассмотренный метод нашел применение в странах бывшего СНГ при разработке рекомендаций по выбору площадок для размещения атомных станций [2].

## 3. *Метод Холлинга.*

В основу рассматриваемого метода положен системный подход, опирающийся на междисциплинарные исследования. Работа междисциплинарной группы начинается со «взгляда наружу», процесс которого аналогичен работе с матрицей взаимодействий и должен ответить на вопрос: что необходимо знать о других подсистемах, чтобы предсказать, как будет себя вести некоторая конкретная подсистема.

Как промежуточные, так и конечные результаты работы междисциплинарной группы должны быть применимы к задачам оценки и управления. Анализ проблемы начинается с выяснения организованной структуры принятия решений. По сути дела осуществляется прогнозирование воздействия, но предсказание воздействия не является самоцелью, и оценка воздействия сливается с управлением окружающей средой (при этом учитывается влияние неопределенности и изменчивости на функционирование экологических систем). Чтобы успешно сосуществовать с неопределенностью в процессе управления окружающей средой, нужно быть постоянно готовым к быстрому реагированию на изменения, т.е. управление должно быть адаптивным.

Таким образом, все рассмотренные методы позволяют количественно выразить воздействие с помощью балльных оценок, интервальных или количественных шкал, функций полезности и т.д. Но сточки зрения количественного выражения воздействия наиболее предпочтительным является метод сетевых диаграмм, позволяющий определять большое число воздействий в одинаковых единицах (потоках энергии).

Каждый из рассмотренных способов имеет свои достоинства и свои недостатки. Возможность же использования каждого из методов должны рассматриваться в контексте конкретных природоохранных задач.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вторжение в природную среду. Оценка воздействия /Пер. с англ. А.Ю. Ретеюма. – М.: Прогресс. - 1983. – 193 с.
2. Лакомова О.В. Применение метода «анализа решений» для оптимизации: перспективы развития, проблемы прогнозирования. –М., 1988. - С. 80 - 120.
3. Молочко А.Н. Методические особенности создания и использования карт суммарных балльных оценок // В кн.: Географические аспекты рационального природопользования. – Киев: Наукова думка, 1987. – С. 113 - 117.

4. Нефедова Т.Г. Имитационная картографическая модель влияния хозяйства на природную среду (опыт разработки) //Изв. АН СССР. Сер. геогр. - 1986. - № 2. - С. 114 - 127.
5. Семенова Л.А. Зарубежный опыт оценок воздействия на природную среду//В кн.: Географическое обоснование экологических экспертиз. М.: Изд-во МГУ, 1985. - С. 17 - 32.
6. Филипс Д.Т., Гарсия-Диас А. Методы анализа сетей. -М.: Мир, 1984. - 496 с.
7. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление/ Под ред. К.С. Холлинга. - М.: Мир, 1981. - 397 с.
8. Bisset R. Methods for Environmental Impact Analysis// Journal of Environmental Management. - 1980. - vol. 11. - №1. - P. 27 - 43.
9. Kiely-Brokato K.A., Vyhyoff G.I., Leusher W.A. An attitude scaling system with relevance for resource management// Journal of Environmental Management. - 1980. - Vol. 10. - №1. - P. 71 - 81.
10. Peterson G.L., Gemmel R.S., Schofer J.L. Assessment of environmental impact: Multidisciplinary judgments of large-scale projects/ Ekistics. - 1974. - Vol. 218. - P. 23 - 30.
11. Shoply J.B., Fyggle A. Comprehensive review of current environmental impact assessment method and technigues//Journal of Environmental management. - 1984. - Vol. 18. №1. - P. 25-47.

Казахский государственный национальный университет им. аль-Фараби

**ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГ МӘЛІМЕТТЕРІ БОЙЫНША  
ШАРУАШЫЛЫҚ ҚЫЗМЕТТІҢ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ТИГІЗЕТІН  
ӘСЕРІН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ БОЛЖАУ ӘДІСТЕРІ**

Геогр. ғылымд. канд.            И.Н. Шмарова

Геогр. ғылымд. канд.            Г.К. Турулина

*Мақалада әлемнің әр елдерінде жасалған шаруашылық қызметтің қоршаған ортаға тигізетін әсерін бағалау және болжау әдістерінің қысқаша шолуы берілген. Оларды қоршаған ортаны қорғау саласындағы міндеттерді орындау үшін қолдану мүмкіндігі талданған.*