

Қазақстан республикасының
қоршаған ортаны қорғау
Министрлігі

Республикалық мемлекеттік
"Қазгидромет" кәсіпорны

Министерство охраны
окружающей среды Республики
Казахстан

Республиканское
государственное предприятие
"Казгидромет"

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

Әр тоқсанда шығарылатын
Ғылыми-техникалық журнал

№ 2

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный
научно-технический журнал

АЛМАТЫ
2003



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; Госсен Э.Ф., академик НАН РК, доктор с.-х. наук; Искаков Н.А., канд. экон. наук; Чередищенко В.С., доктор геогр. наук; Чигаркин А. В., доктор геогр. наук.

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Бурлибаев М.Ж., канд. геогр. наук (председатель); Кожасхметов 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.Д., 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.Ж., канд. геол.-мин. наук; Галаева О.С., компьютерная сборка.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 2(29)

©

Журнал издается с 1995 года.
Регистрационное свидетельство № 1538
Министерства печати РК.
Подписной индекс 75855.

| | |
|-----------------|---|
| Адрес редакции: | 480072, Алматы, пр. Сейфуллина, д. 597, к. 508 |
| Телефон: | 54-22-63 |
| E-mail: | general@kniimosk.almaty.kz |

Подписано в печать
Формат бумаги 70 × 100/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Объем 19,36 п.л. Тираж 500 экз. Заказ № 2
Цена договорная.

Отпечатано в ЗАО ПА «KAZGOR»
480091, г. Алматы, пр. Абылай хана, 81

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

- М.Е. Бельгибаев, М.Ж. Бурлибаев,
О.С. Галаева, О.Е. Семенов, А.П. Шапов**
Исследование ветрового выноса аэрозоля с хвостохранилища Балхашского горно-металлургического комбината. 9
- Л.А. Воронина**
О влиянии оз. Балхаш на климат прилегающего региона. 31
- Е.В. Боголюбова, М.Т. Кусаинова**
Статистические характеристики и классификация осадков на востоке Казахстана. 35
- И.И. Скоцеляс, В.П. Попова, Т.Г. Горкунова**
Водный баланс озера Балхаш.
- Шиварева С.П., Васенина Е.И., Соколова Л.М.**
О ледообразовании в казахстанской части Каспийского моря. . . . 62
- С.А. Абдрасилов, М.Х. Сарсенбаев**
О взаимовлиянии динамики развития дельты р. Или и колебаний уровня воды оз. Балхаш. 74
- М.Х. Сарсенбаев**
Эффективность орошаемого земледелия, основного потребителя водных ресурсов Центральной Азии. 80
- Н.И. Ивкина, Т.П. Строева**
Характеристика ветра над Северным Каспием и его влияние на формирование нагонных явлений. 87
- М.Ж. Бурлибаев, Ж.К. Турениязова**
Іле өзеніндегі термикалық режимнің өзгеруін зерттеу нәтижелерінен. 94
- А.У. Ортбаева**
Қаратал өзенінің нитрит ионымен ластануын анықтау және жіктеу 103
- Т.Г. Токмагамбетов**
Распределение моренных отложений на северном склоне Заилийского Алатау. 110

| | |
|--|-----|
| М.М. Молдахметов, А.К. Мусина | |
| Кіші Алматы езені алабында қалыптасқан сел құбылыстарына шолу. | 118 |
| V.S. Stepanov | |
| The theory of existence of debris-flow mixture as a key component in computing debris-flow characteristics. | 131 |
| М.Ж. Бурлибаев, А.А. Волчек, В.В. Лукша | |
| Источники исходной информации по водному режиму рек Белорусского Полесья. | 145 |
| М.Ж. Бурлибаев, А.А. Волчек, П.В. Шведовский | |
| Проблемы формирования критических ситуаций и приемлемости риска в функционировании гео- и агроландшафтных систем. | 152 |
| М.Ж. Бурлибаев, А.А. Волчек, П.В. Шведовский | |
| Принципы и методы оценки риска неопределенности гео- и агроландшафтных систем. | 161 |
| М.Ж. Бурлибаев, А.А. Волчек, П.С. Пойта, П.В. Шведовский | |
| Исследование взаимосвязей устойчивости экосистем, эксплуатационного состояния водохозяйственных объектов и критических уровней их экологической надежности. | 169 |
| М.Ж. Бурлибаев, А.А. Волчек | |
| О загрязнении трансграничных рек Казахстана в Центрально-азиатском регионе. | 175 |
| Н.И. Ивкина | |
| Ветровые нагоны на северо-восточном Каспии и их экологические последствия. | 192 |
| Б.Б. Дусипов, М.М. Утегенов, З.Н. Алтаева У.К. Махамбетова | |
| Экологическая безопасность населенных пунктов в окрестностях предприятий по добыче нефти: правовое регулирование. | 199 |

ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ

М.Ж. Бурлибаев, Е.Ж. Муртазин

О состоянии загрязнения окружающей среды Республики
Казахстан в 1-ом квартале 2003 года. 203

ХРОНИКА

К 70-летию А.А. Турсунова..... 220

CONTENTS

SCIENTIFIC ARTICLES

- M.E. Bel'gibayev, M.ZH. Burlibayev, O.S. Galayeva,
O.E. Semenov, A.P. Shapov**
Research of wind aerosol carryover from the Balkhash mining-
steelwork combine tailing dump. 9
- L.A. Voronina**
About Lake Balkhash Influence to Climate of the Adjacent Region. . . 31
- E.V. Bogolyubova, M.T. Kusainova**
Statistical characteristics and classification of precipitation in the east
of the Kazakhstan. 35
- I.I. Skotselyas, V.P. Popova, T.G. Gorkunova**
Water Balance of the Lake Balkhash. 47
- S.P. Shivaryova, E.I. Vasenina, L.M. Sokolova**
Ice Cover of the Caspian sea. 62
- S.A. Abdrasilov, M.KH. Sarsenbayev**
About interdependence of the Ili River delta mechanics and the Lake
Balkhash water level fluctuations. 74
- M.KH. Sarsenbayev**
Efficiency of Irrigation Farming, major consumer of the Central Asia
water resources. 80
- N.I. Ivkina, T.P. Stroyeva**
Wind characteristic above the Northern Caspian and its influence on
wind set-up phenomena' formation. 87
- M.ZH. Burlibayev, ZH.K. Turenliyazova**
About some results of the Ili River thermal regime change. 94
- A.U. Ortbayeva**
Determination and classification of the nitrites ions' pollution of the
Karatal River. 103
- T.T. Tokmagambetov**
Distribution of the morainisch sediment on northern Zailiysky AlaTau
slope. 110

| | |
|---|-----|
| M.M. Moldakhmetov, A.K. Musina Retrospective analysis of the mudflows formed in the Malaya Almatinka River basin. | 118 |
| B.S. Stepanov The theory of existence of debris-flow mixture as a key component in computing debris-flow characteristics | 131 |
| M.ZH. Burlibayev, A.A. Volchek, V.V. Luksha Sources of the basic information of the Belarus Woodlands rivers' water regime. | 145 |
| M.ZH. Burlibayev, A.A. Volchek, P.V. Shvedovsky Problems of critical situations' formation and risk acceptability in the geo- and agro- landscape systems' functioning. | 152 |
| M.ZH. Burlibayev, A.A. Volchek, P.V. Shvedovsky Principles and methods of an uncertainty risk estimation of the geo- and agro- landscape systems | 161 |
| M.ZH. Burlibayev, A.A. Volchek, P.S. Poyta, P.V. Shvedovsky Study of the interrelations stability ecosystems, an operational condition of the water-economic objects and the critical levels of their ecological reliability. | 169 |
| M.ZH. Burlibayev, A.A. Volchek About Kazakhstan international rivers' pollution in the Central - Asian region | 175 |
| N.I. Ivkina Wind-induced surges at the Northeast Caspian and their ecological consequences. | 192 |
| B.B. Dusipov, M.M. Utegenov, Z.N. Altayeva, U.K. Makhambetova Ecological safety of the settlements in the crude (oil) production vicinities: legal regulation. | 199 |

REVIEWS AND CONSULTATIONS

M.ZH. Burlibayev, E.ZH. Murtazin

About septic condition of the Republic of Kazakhstan environment
pollution in the first quarter 2003. 203

CHRONICLE

To A.A. Tursunov's 70-anniversary. 220

УДК 551.311.3: 551.506.5: 551.510.41

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВЫНОСА АЭРОЗОЛЯ С
ХВОСТОХРАНИЛИЩА БАЛХАШСКОГО ГОРНО-
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА**

Доктор геогр. наук М.Е. Бельгибаев

Канд. геогр. наук М.Ж. Бурлибаев

О.С. Галаева

Канд. ф.-м. наук О.Е. Семенов

А.П. Шапов

Проведены измерения вертикальных потоков массы аэрозолей с территории хвостохранилища Балхашского горно-металлургического комбината при ветровом и конвективном подъеме частиц с поверхности. Во время пыльной бури длительностью 16 часов при скоростях ветра 10...12 м/с с хвостохранилища вынесена масса частиц в 1000...1200 т. Повседневно действующий, в тёплый период года, конвективный вынос мелкодисперсных частиц достигает 100 т в сутки. Частицы содержат тяжёлые металлы.

Озеро Балхаш — одно из крупнейших бессточных озер Земли. Оно формирует благоприятный для проживания людей климат, обеспечивает населению условия для хозяйственной деятельности. Кроме природных богатств, создаваемых водоемом, в регионе сосредоточены большие запасы минерального сырья, уже давно используемого на благо человека. В Балхаше находится крупнейший металлургический комбинат с предприятиями по добыче руды. Балхашский горно-металлургический комбинат (БГМК) обеспечивает работой большую часть населения города. К сожалению, деятельность БГМК имеет не только важное социально-экономическое значение, но и оказывает значительные негативные экологические нагрузки на природную систему региона, ухудшает условия для проживания людей. На комбинате многое делается для уменьшения вредного влияния выбросов производства. В 1995 г создана система оборотного водоснабжения производства с прекращением сброса загрязненных вод в озеро. Проводятся работы по улавливанию выбросов SO_2 в атмосферу. Эти мероприятия улучшают качество воздушной среды и воды в озере.

Однако острой экологической проблемой остается хвостохранилище комбината, расположенное западнее г. Балхаша на берегу озера. На хвостохранилище складироваются твердые отходы производства обогатительной фабрики комбината, поступающие туда по пульпопроводу. При выплавке меди от 70 до 90 % первичного сырья переходит в отвалы. В хвостохранилище накоплено до 1200 млн т отходов, содержащих значительное количество тяжелых металлов [2, 8]. Большая часть этих отходов медеплавильного производства подвергается выветриванию и выносятся за пределы хвостохранилища.

До настоящего времени измерений ветрового выноса массы накопленных на хвостохранилище отходов не было. Поэтому по заданию Министерства охраны окружающей среды экспедиция КазГидромета в августе 2002 года определила вертикальные потоки массы частиц от поверхности хвостохранилища в атмосферу. Были получены необходимые для расчетов другие метеорологические характеристики приземного слоя атмосферы. Исследован дисперсный состав частиц поверхностного слоя хвостохранилища. Были взяты образцы породы отвалов для определения содержания некоторых тяжелых металлов. Эти анализы выполнены Ж.М. Жаппаровой.

Работе экспедиции была оказана оперативная и благожелательная помощь и поддержка руководителей и работников Балхашского горно-металлургического комбината, городской экологической службы. Всем им авторы приносят искреннюю благодарность.

Физико-географическое описание хвостохранилища

Хвостохранилище БГМК расположено на запад от комбината и непосредственно примыкает к нему (рис.1). С юга оно отделено от зал. Торангылык плоской песчаной полосой, заросшей невысоким камышом. Ширина этой полосы 250. . . 300 м. С севера и запада к хвостохранилищу примыкают открытые пространства степи Бетпакдала. Расстояние от восточной стороны хвостохранилища до жилого массива г. Балхаш составляет 2,5. . . 3 км. Площадь хвостохранилища составляет 22 км², вместе с прудом-испарителем – 40 км².

Хвостохранилище представляет собой территорию, ограниченную насыпной дамбой отсыпанной грубообломочным материалом с мелкоземным наполнителем. Высота дамбы составляет от 15 м на востоке до 5 м на западе. Толщина отложений породы в хвостохранилище меняется, соответственно, от 14 до 4 м. По вершине дамбы проложены трубы пульпопровода, по которым порода подается на хвостохранилище. По дисперс-

ному составу порода представляет собой средний песок. По данным [2, 8] в состав породы входят гранодиориты, диабазовые порфириты, вторичные кварциты, кварцы и серициты. По всему периметру хвостохранилища, вдоль наружного откоса дамбы, проложен дренажный канал. Площадь хвостохранилища представляет собой относительно ровную, осложненную технологическими карьерами (рис. 2) и барханами, поверхность. Западную часть хвостохранилища занимает пруд-отстойник. Площадь его составляет примерно одну треть от всей площади хвостохранилища. Площади, подверженные золотой переработке, а так же ровные поверхности, сложенные несвязанным грунтом и представляющие опасность развития процессов дефляции, составляют 10 – 12 км².



Рис. 1. План хвостохранилища БГМК. 1 – 10 места отбора проб на химический анализ; ▲ места отбора проб на дисперсный анализ. Сторона квадрата сетки равна 2 км.

Золотые формы рельефа распространены в восточной части хвостохранилища и наиболее развиты в юго-восточной его четверти (рис. 2). Часть площади на северо-востоке хвостохранилища покрыта легкими суглинками, которые так же подвержены дефляции: на начальном этапе в виде выветривания и разрушения слоев, затем частицы транспортируются ветром.

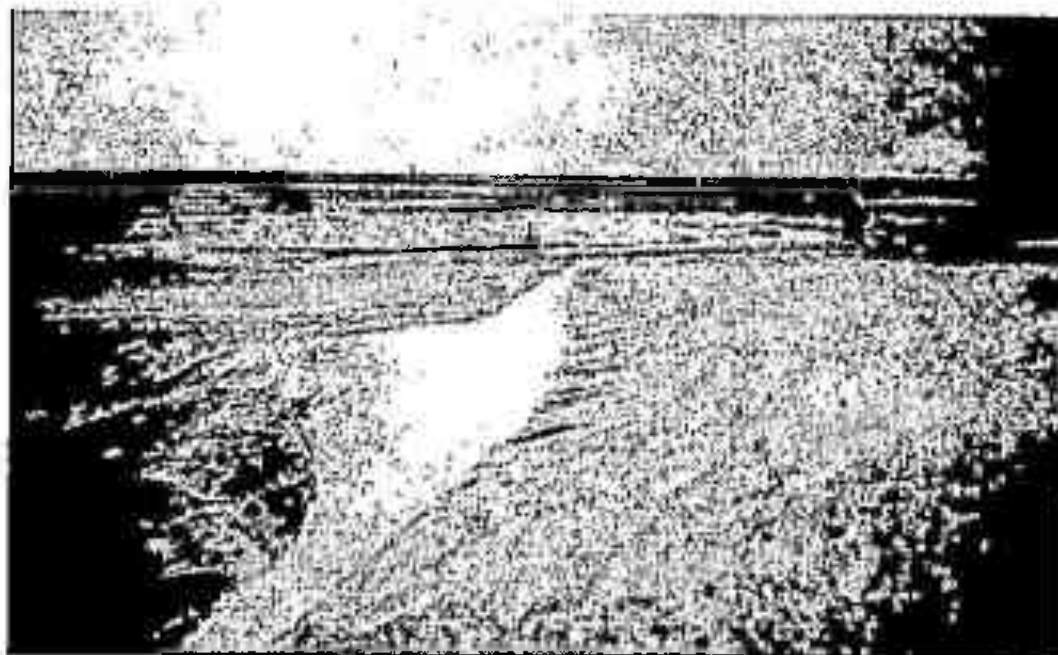


Рис. 2. Барханы в восточной части хвостохранилища.

В северо-восточной части хранилища, где поверхность сложена суглинками, сформировались полигональные ячейки, напоминающие поверхность такыра. Но это псевдотакыры, так как они недолговечны и разрушаются под влиянием дефляции. Разрушительным эоловым процессам подвержена не только поверхность хвостохранилища – на южном склоне дамбы повсеместно видны эоловые отложения со следами дефляции в виде ряби. Дренажный канал местами засыпается эоловыми наносами из хвостохранилища. Песчаная поверхность прибрежной равнины залива Торангылык покрыта плащом эоловых отложений толщиной от 2 до 5 см.

Дисперсный состав породы хвостохранилища и его изменение с высотой переноса

Интенсивное развитие эоловых процессов в восточной части хвостохранилища, говорит о том, что дисперсный состав "хвостов" благоприятен для процессов выветривания. Для характеристики дисперсного состава породы хранилища были отобраны образцы из поверхностного слоя, подвергающегося выветриванию, и в "разорванном" пульпопроводе, по которому порода поступала к местам складирования. Образцы взяты по восточной части периметра хранилища, в точках 1, 4 и 5 (рис.1), в месте проведения метеорологических измерений (точка 10), примерно в центре его юго-восточной четверти. На рис.3 представлены графики накопленной функции распределения частиц породы, отобранной в различных пунктах хвостохранилища.

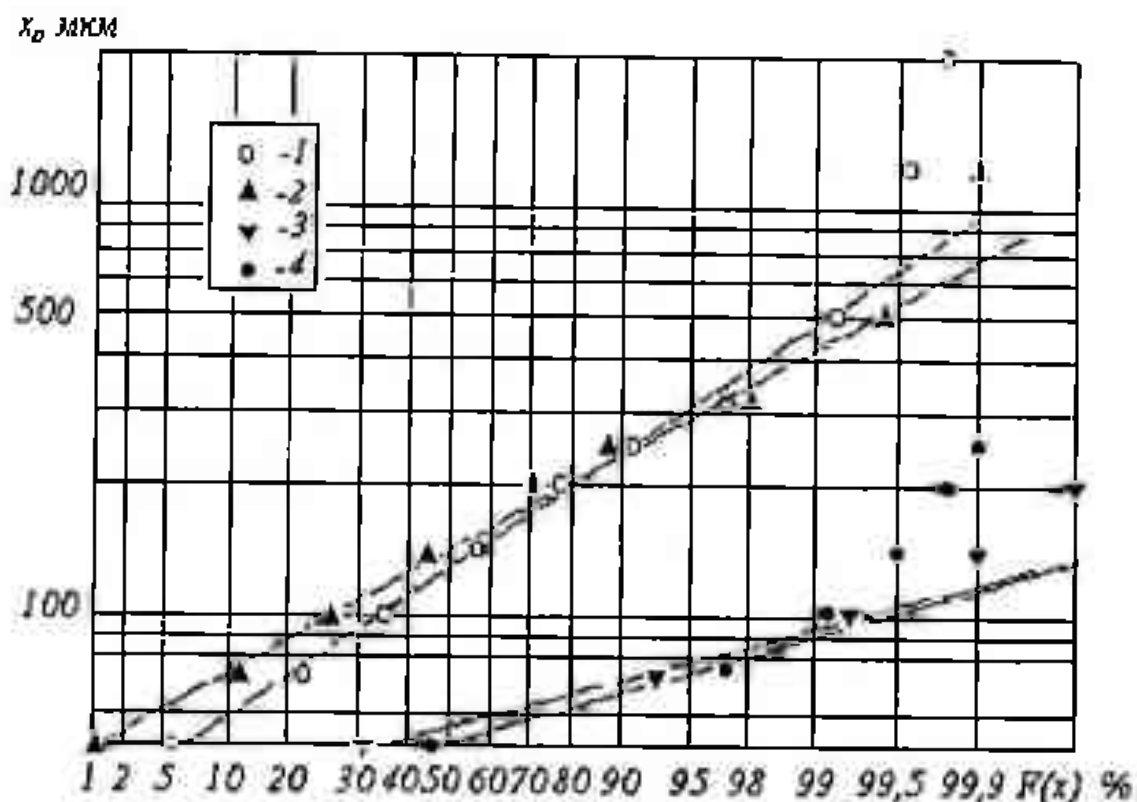


Рис. 3. Интегральные кривые распределения частиц измельченной породы в различных пунктах хвостохранилища, и уловленных на высотах 0,5 и 2 м. 1 – недеформируемая поверхность в пункте наблюдений, 2 – бархан в пункте наблюдений, 3 – на уровне 0,5 м, 4 – на уровне 2 м.

У всех исследованных проб эмпирические точки на вероятностной клетчатке для кривых с умеренной асимметричностью удовлетворительно располагались около прямой линии. Отклонения от прямой отмечались в области крупных размеров частиц и не превышали, в основном, одного процента. Поэтому функцию распределения частиц измельченной горной породы хвостохранилища по размерам можно аппроксимировать логарифмически-нормальным распределением с плотностью вероятности

$$f(x) = \frac{0,434}{\sigma_{\lg x} x \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2\sigma_{\lg x}^2} \right], \quad (1)$$

где x — размер песчинок; x_0 — их средний геометрический размер; $\sigma_{\lg x}$ — среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров частиц.

Для образца, отобранного из пульпопровода (проба №1, табл. 1), и представляющего, по существу, исходный материал, поступающий на хвостохранилище, средний геометрический размер частиц измельченной породы $x_0 = 170$ мкм, среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров $\sigma_{lgx} = 0,41$. Средний геометрический размер частиц породы равен наиболее часто встречающимся размерам естественных пустынных песков. Отличается она от этих песков значительно большей дисперсией – у песков пустынь σ_{lgx} не превышает значений 0,12 ... 0,25. Возможность описания размеров частиц измельченной горной породы логарифмически-нормальным распределением свидетельствует о том, что процесс её дробления подчиняется схеме А.Н. Колмогорова [7]. Большая дисперсия породы объясняется повышенным содержанием в ней мелкодисперсных и очень крупных частиц. Содержание частиц < 100 мкм, потенциально способных к турбулентному диффузионному подъему на значительные высоты и выносу за пределы хвостохранилища и его защитной зоны, достигает 30 %, примерно такой же является доля крупных частиц, непосредственно прыгающих над самой поверхностью хранилища на высоте нескольких миллиметров, остальные частицы могут сальтировать в слое до 25...50 см.

Таблица 1

Параметры распределения частиц песка по размерам в пробах, отобранных в различных местах хвостохранилища БГМК

| № пробы | Характеристика песков и места отбора проб | Параметры распределения | |
|---|--|-------------------------|----------------|
| | | x_0 мкм | σ_{lgx} |
| Песок, отобранный в различных пунктах хвостохранилища | | | |
| 1 | Образец из трубы пульпопровода | 170 | 0,41 |
| 2 | Точка 1. Золотой нанос | 170 | 0,37 |
| 3 | Точка 4. Золотой нанос | 180 | 0,34 |
| 4 | Точка 5. Образец с недефлируемой, покрытой слоем суглинка, площади | 160 | 0,24 |
| 5 | Точка 10. Недефлируемая поверхность в пункте наблюдений | 140 | 0,24 |
| 6 | Точка 10а. Подвижный бархан высотой 0,7м в пункте наблюдений | 160 | 0,21 |
| Пыльная буря 13 августа | | | |
| 7 | Песок, уловленный на высоте 0,5м | 60 | 0,11 |

| № пробы | Характеристика песков и места отбора проб | Параметры распределения | |
|---------|--|-------------------------|----------------------|
| | | x_0 мкм | $\sigma_{\text{гх}}$ |
| 8 | Песок, уловленный на высоте 2,0 м Выпадение за контуром хвостохранилища | 50 | 0,12 |
| 9 | На расстоянии 20 м | 56 | 0,24 |
| 10 | На расстоянии 120 м | 53 | 0,22 |
| 11 | На расстоянии 250 м | 55 | 0,15 |

Поскольку гранулометрический состав раздробленных пород соответствует пескам, то в дальнейшем в тексте мы будем пользоваться термином "песок". Анализ образцов песка с участков хвостохранилища, не подверженных дефляции, показал, что средний геометрический размер частиц меняется по площади незначительно в интервале 140...160 мкм. Участие же в перемещении ветром, сопровождающееся выносом мелкодисперсных частиц за его пределы и разрушением крупных, приводит к уменьшению дисперсии распределения $\sigma_{\text{гх}} = 0,21 \dots 0,34$ и увеличению среднего геометрического размера. Так в районе площадки для проведения наблюдений нашей экспедиции у недефлируемой поверхности песка $x_0 = 140$ мкм при $\sigma_{\text{гх}} = 0,24$. На подвижном бархане в этом же пункте средний геометрический размер (x_0) увеличился до 160 мкм, а $\sigma_{\text{гх}}$ уменьшилось до 0,21.

Уменьшение дисперсии распределения частиц по размерам по сравнению с поступающим песком по пульпопроводу произошло, в основном, за счет уменьшения содержания мелкодисперсных частиц до 15...20 %. Значит, из поверхностного слоя хвостохранилища, участвующего в золотой переработке, вынесено от 1/3 до 1/2 частиц размером менее 100 мкм. Это подтверждается и нашими измерениями переноса песка во время бурь в августе 2002 г. На рис. 3 представлены и результаты дисперсного анализа переносимых частиц на высотах 0,5 и 2 м. Средний геометрический размер частиц x_0 на этих уровнях равен соответственно 58 и 52 мкм, $\sigma_{\text{гх}}$ уменьшилась до 0,11 и 0,12. Доля частиц < 100 мкм в потоке на этих высотах достигает 98...99 %. Экстраполяция эмпирической кривой до малых вероятностей ($p = 0,01$ %) позволила грубо оценить и наименьший размер частиц, который равен 10...20 мкм.

Исследование дисперсного состава отложений частиц за пределами хвостохранилища на расстоянии 20, 120 и 250 м от него в направлении по нормали к берегу дали примерно такой же средний геометрический размер частиц (53...56 мкм) и большую дисперсию распределений ($\sigma_{\mu x} = 0,15...0,24$). Вынос твердых частиц с хвостохранилища на акваторию озера Балхаш подтвержден исследованиями М.А. Илющенко с соавторами [5]. Ими обнаружены залежи техногенных илов в бухте Бертыс и Торангылык. Илы достигают мощности более 1 м и, по их мнению, являются следствием производственной деятельности БГМК. Илы содержат повышенные концентрации целого ряда химических элементов: хрома, кадмия, никеля, ванадия, бериллия, стронция. Особенно больших значений концентраций в них достигают медь и цинк. Содержание меди в илах таково, что их можно использовать в качестве бедной медьсодержащей руды.

Механизм конвективного подъема мелкодисперсных частиц

Кроме ветрового переноса грубодисперсных частиц грунта существует и другой механизм вовлечения в воздушные потоки мелкодисперсных частиц конвективными процессами в атмосфере. При различных метеорологических условиях возникают разные виды подъемов в виде пыльных вихрей и типа "пузырей" – термиков.

В приповерхностном слое воздуха в аридных районах в жаркую сухую погоду формируются значительные вертикальные градиенты температуры, которые могут превышать 10 К/см и создавать условия преодоления мелкими частицами (тонкодисперсными аэрозолями) вязкого подслоя и вовлечения в процессы турбулентной диффузии. По мнению Г.С. Голицина, И.Г. Гранберга с соавторами [6] этот фактор является, вероятно, одной из основных причин эмиссии мелких частиц с поверхности в атмосферу при слабом ветре. Конвективные вертикальные движения зарождаются в неустойчиво стратифицированном слое, образующемся у поверхности земли при нагревании ее солнечным излучением. Конвекция является механизмом, с помощью которого потенциальная энергия этого слоя переходит в кинетическую энергию вертикальных и горизонтальных движений. Начальными импульсами для возникновения и развития конвекции служат микромасштабные возмущения, всегда имеющиеся в приповерхностном слое воздуха. При неустойчивой стратификации они быстро вырастают до размеров крупных вихрей, называемых термиками. Под действием силы Архимеда термики приобретают значительные скорости подъема и могут проникать в расположенный

выше устойчивый слой. Эта одна из форм термической турбулентности, имеющая широкий спектр размеров турбулентных вихрей. Конвекция является важным фактором тепло- и массопереноса в атмосфере.

Важной особенностью для аридных регионов является сильная неоднородность температуры подстилающей поверхности (например, перепад температуры между вершиной и подошвой бархана достигает 5...10 К). По-видимому, этим эффектом можно объяснить иногда наблюдающиеся в таких погодных условиях над барханной поверхностью на высоте порядка 1 м микроинверсии температуры и влажности, которые способствуют накоплению более горячего, насыщенного тонкодисперсным аэрозолем воздуха, и последующему прорыву слоя микроинверсии с образованием пылевого "столба" типа вертикальной струи. Она способна поднять большое количество аэрозоля в верхние слои пограничного слоя атмосферы. Механизм конвективного подъема частиц с поверхности изложен нами по работе [6].

Полевые исследования выноса грубодисперсного аэрозоля с территории хвостохранилища

Для оценки ветрового выноса массы грубодисперсного аэрозоля с территории хвостохранилища необходимо было провести на нем комплекс метеорологических измерений, который позволил бы исследовать перенос частиц при пыльных бурях, а в дни с конвективным механизмом подъема – более мелких частиц с его поверхности. Для этого на базе передвижной метеорологической станции ПМС-72 в августе 2002 года были проведены необходимые измерения, позволившие получить количественную оценку выноса.

Перечень измерений определялся моделью расчета вертикального потока примеси в приземном слое атмосферы подробно изложенный в статье [11]. В ней предложено для вычисления вертикального потока массы тяжелой быстро оседающей примеси использовать разработанную в рамках теории подобия схему расчета С.С. Зилитенкевича [4] и Е.К. Гаргера с соавторами [3], в которой, с целью учета динамической активности частиц, предложено вместо динамической скорости потока u использовать разность $(u - w_x)$, где w_x скорость гравитационного падения частиц примеси.

$$Q_v = -\chi(u - w_x)[S(z_2) - S(z_1)] \sqrt{\left(\ln \frac{z_2}{z_1} + \beta_0 \frac{z_2 - z_1}{L} \right)}. \quad (2)$$

В этой формуле $\chi = 0,4$, $S(z_2)$ и $S(z_1)$ – измеренные концентрации примеси на уровнях z_2 и z_1 , L – масштаб Монина-Обухова, β_0 – константа, принятая нами для условий вынужденной конвекции равной единице. При безразличной стратификации $L \rightarrow \infty$ и формула упрощается

$$Q_w = -\chi(u_* - w_k) [S(z_2) - S(z_1)] / \ln \frac{z_2}{z_1}. \quad (3)$$

Метеорологические измерения обеспечивали получение градиентов концентрации примеси в слое 0,5...2 м, динамической скорости потока u_* , масштаба длины Монина-Обухова L (учитывающего влияние температурной стратификации) и коэффициента турбулентности k_t на высоте одного метра. Для получения u_* , k_t , L выполнялись измерения скорости ветра u на стандартных уровнях 0,5 и 2 м, температуры воздуха T и её градиента в этом слое. При вычислении u_* также получали параметр шероховатости поверхности z_0 . Вычисление L требовало также рассчитывать турбулентный поток тепла H . С целью определения содержания тяжелых металлов, уловленные образцы аэрозолей подвергались затем физико-химическому анализу.

Для решения этих задач в юго-восточной четверти хвостохранилища, примерно в его центре, была организована временная метеоплощадка. На ней были установлены четыре метеомачты высотой 2,5 м. На первой из них устанавливались два психрометра МВ-4 для измерения температуры T , на второй – два контактных дистанционных анемометра М-92, на третьей – аспирационные заборники мелкодисперсного аэрозоля на фильтры АФА, на четвертой – пескоуловители КазНИГМИ для улавливания грубодисперсного аэрозоля во время песчаной бури. Направление ветра определялось по выпелу. Все приборы были установлены на стандартных для градиентных метеорологических измерений уровнях $z_1 = 0,5$ и $z_2 = 2$ м (рис. 4).

В салоне передвижной метеостанции располагались два газовых счетчика для измерения прокачиваемого через фильтры АФА объема воздуха, побудитель расхода воздуха (пылесос) и счетчики импульсов контактных анемометров.

Измерения температуры воздуха и скорости ветра проводились во время отбора проб аэрозоля непрерывно с десятиминутным осреднением в соответствии с требованиями "Руководства по теплбалансовым наблюдениям" [10]. Отбор проб на фильтры АФА выполнялся согласно с "Руководства по контролю загрязнения атмосферы" [9]. Необходимые для вычислений параметры: u_* , k_t , L , z_0 и H определялись за каждый десятиминутный ин-

тервал наблюдений. Полученные значения масштаба Монина-Обухова L затем осреднялись за период отбора проб.

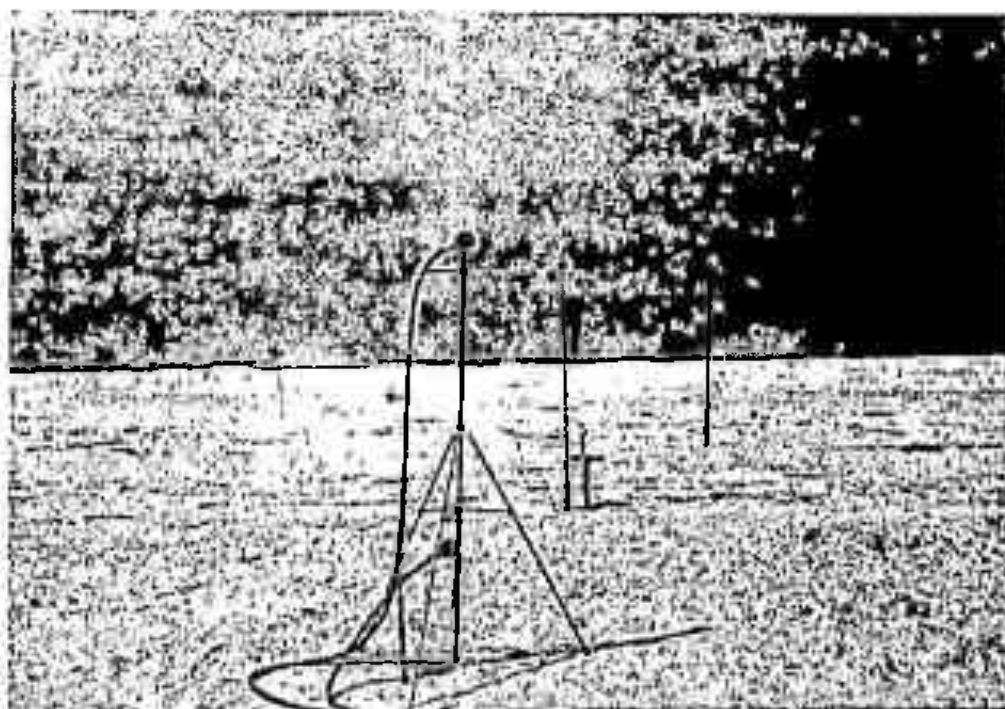


Рис. 4. Приборы для метеорологических измерений. На переднем плане – заборники мелкодисперсных частиц, далее психрометры, анемометры и пескоуловители для грубодисперсных частиц.

При песчаных бурях, как известно, наблюдается безразличная температурная стратификация приземного слоя атмосферы [12], поэтому во время бурь измерялся только расход твердой фазы q и скорость ветра. Твердым расходом называется масса частиц твердой фазы, переносимая в единицу времени через единичную площадь сечения потока. Твердый расход связан с массовой концентрацией зависимостью

$$q_z = s_z \cdot u_p, \quad (4)$$

где q_z - твердый расход песка на высоте z ; s_z - массовая концентрация на той же высоте; u_p - скорость частиц твердой фазы в воздушном потоке.

В табл.2 приведены в качестве примера результаты измерений и вычислений метеорологических параметров приземного слоя атмосферы при отборах проб аэрозоля за 12 августа.

Весь период наших измерений на хвостохранилище дул ветер со скоростями, близкими к критической величине начала выдувания наиболее подвижных частиц песка размером 80...100 мкм ($u_{кр} = 0,15$ м/с). Поэтому на фоне развития вынужденной конвекции часто отмечались и кратковременные переносы песка в виде поземков длительностью несколько секунд или десят-

ков секунд; в северной части хранилища часто были видны пыльные вихри. Вследствие этого выделить чисто конвективный подъем аэрозолей очень сложно. Крайне неустойчивая стратификация хорошо прослеживается по изменению величины L . За время наблюдений нами были отмечены ещё четыре ярко выраженных явления пыльных бурь и поземков, три из которых были слабой интенсивности и не отмечены М Балхаш.

Таблица 2

Параметры приземного слоя атмосферы при отборах проб аэрозолей,
Балхаш, 12 августа 2002 г.

| № пробы | Время отбора | Параметры приземного слоя атмосферы | | | | | | | |
|------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------|------------------|
| | | $u_{0,5}$, м/с | $u_{2,5}$, м/с | $z_{0,5}$, см | u_{*0} , м/с | $k_{f,0}$, м ² /с | H , кВт/м ² | L , м | \bar{L} , м |
| 12 августа | | | | | | | | | |
| 2. | ☽ | 6,2 | 7,1 | 0,0030 | 0,26 | 0,10 | | | |
| | | 5,9 | 6,7 | 0,0020 | 0,23 | 0,09 | | | |
| 3. | 10:37 – 11:07 | 5,6 | 6,2 | 0,0001 | 0,17 | 0,16 | 0,20 | -2,3 | |
| | | 5,7 | 6,4 | 0,0006 | 0,20 | 0,16 | 0,18 | -4,2 | -6 |
| | | 5,6 | 6,3 | 0,0010 | 0,21 | 0,14 | 0,08 | -10,9 | |
| 5. | 11:32 – 12:02 | 4,5 | 5,0 | 0,0003 | 0,15 | 0,10 | 0,04 | -8,0 | |
| | | 5,2 | 5,6 | 0,0002 | 0,16 | 0,08 | 0,02 | -19,4 | -12 |
| | | 4,7 | 5,2 | 0,0002 | 0,15 | 0,10 | 0,04 | -8,0 | |
| | | 4,3 | 4,7 | 0,0001 | 0,13 | 0,11 | 0,06 | -3,2 | |
| 7. | 12:15 – 12:45 | 3,7 | 4,1 | 0,0002 | 0,12 | 0,07 | 0,01 | -16,3 | -10 |
| | | 3,3 | 3,6 | 0,0001 | 0,10 | 0,06 | 0,01 | -9,5 | |
| 9. | 15:07 – 15:37 | 4,5 | 5,0 | 0,0002 | 0,14 | 0,10 | 0,05 | -5,2 | |
| | | 3,6 | 4,0 | 0,0003 | 0,12 | 0,09 | 0,03 | -5,4 | -5 |
| | | 3,4 | 3,7 | 0,0001 | 0,10 | 0,12 | 0,03 | -3,2 | |
| 11. | 15:47 – 16:17 | 4,7 | 5,2 | 0,0002 | 0,15 | 0,11 | 0,06 | -5,3 | |
| | | 3,4 | 3,6 | 0,0001 | 0,10 | 0,09 | 0,05 | -1,9 | -3 |
| | | 4,1 | 4,6 | 0,0009 | 0,15 | 0,15 | 0,17 | -1,9 | |
| 13. | 16:27 – 16:57 | 3,3 | 3,8 | 0,0090 | 0,15 | 0,12 | 0,09 | -3,5 | |
| | | 3,8 | 4,1 | 0,0001 | 0,11 | 0,16 | 0,18 | -0,7 | -2 |
| | | 4,2 | 4,7 | 0,0006 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | -2,3 | |
| 15. | ☽ 17:08 – 17:38 | 5,1 | 5,6 | 0,0001 | 0,15 | 0,10 | 0,05 | -6,4 | |
| | | 4,8 | 5,3 | 0,0001 | 0,15 | 0,08 | 0,02 | -15,9 | -11 |
| | | 5,3 | 5,9 | 0,0003 | 0,18 | 0,11 | 0,05 | -11,0 | |

| № пробы | Время отбора | Параметры приземного слоя атмосферы | | | | | | | |
|------------------------------|---------------|-------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------------------------|-----------------------------|------------|------------------|
| | | $u_{0,5}$ м/с | u_2 м/с | z_0 см | u_v м/с | k_{12} м ² /с | H , кВт/м ² | L , м | \bar{L} , м |
| 17. | 17:49 – 18:19 | 5,9 | 6,6 | 0,0002 | 0,19 | 0,14 | 0,11 | -5,9 | |
| | | 4,7 | 5,3 | 0,0010 | 0,17 | 0,10 | 0,04 | -11,6 | -8 |
| | | 4,6 | 5,1 | 0,0001 | 0,14 | 0,05 | 0 | ∞ | |
| Пыльная буря 12 – 13 августа | | | | | | | | | |
| | 23:00 - 15:00 | 7,0 | 8,8 | | 0,51 | | | | |

Достаточно сильная буря началась в 23 часа 12 августа и закончилась около 15 часов 13 августа. Длилась буря 16 часов при скоростях ветра $u_{10} = 10...12$ м/с, на высоте 10 м с максимальным усилением до 13 м/с. Ветер был с устойчивыми скоростями, но изменял направление, вращаясь по часовой стрелке – началась буря при ЗСЗ румбе, а закончилась при В направлении. Результаты измерений при бурях и параметры, необходимые для вычислений вертикального потока массы грубодисперсных частиц представлены в табл. 3. В последней графе рассчитаны значения Q_m . Изменчивость вертикального потока массы, как видно в табл. 3, очень большая. При слабых поземках Q_m изменялся от 0,04 до 0,74 мг·м⁻²·с⁻¹, при буре вырос на порядок величины и достиг 3,94 мг·м⁻²·с⁻¹. Расчет Q_m выполнялся по формулам (2) и (3).

Таблица 3

Расчет концентрации и вертикального потока массы по результатам измерений твердого расхода пескоуловителями во время бурь и поземков.
Хвостохранилище БГМК, 2002 г.

| Время | | Скорость ветра, м/с | | | Уловленная масса, мг | | S, мг/м ³ | | Q_m мг·м ⁻² ·с ⁻¹ | |
|-----------------|-------|---------------------|-----------------|-------------|----------------------|-------|----------------------|-------|--|--------|
| начало | конец | $\bar{u}_{0,5}$ | $\bar{u}_{2,0}$ | \bar{u}_v | z = 0,5 | z = 2 | z = 0,5 | z = 2 | по (2) | по (3) |
| 11 августа | | | | | | | | | | |
| 12:00 | 12:45 | 5,9 | 6,6 | 0,20 | 360 | 120 | 4,58 | 1,35 | 0,19 | 0,13 |
| 13:06 | 18:00 | 6,1 | 6,9 | 0,23 | 7340 | 1530 | 13,61 | 2,46 | 0,74 | 0,55 |
| 12 августа | | | | | | | | | | |
| 10:07 | 10:37 | 5,9 | 6,7 | 0,22 | 320 | 110 | 6,10 | 1,79 | 0,27 | 0,20 |
| 17:08 | 19:03 | 5,1 | 5,7 | 0,17 | 210 | 70 | 1,20 | 0,35 | 0,04 | 0,03 |
| 12 – 13 августа | | | | | | | | | | |
| 23:00 | 15:00 | 7,0 | 8,8 | 0,51 | 63600 | 11680 | 31,43 | 4,66 | 3,94 | 2,39 |

Суточный ход Q_m для конвективного механизма поднятия пыли с поверхности должен хорошо следовать за суточным ходом радиационного баланса B . Результаты наших измерений, не соответствовали этой закономерности из-за больших выбросов значений потока массы во время кратковременных усилений ветра. Они вызывали перенос песка в виде поземка, когда дополнительно работает механизм взвешивания мелких частиц из-за бомбардировки поверхности сальтирующими частицами. Расчет Q_m при конвективном механизме взвешивания частиц проводился по формулам (2) и (3). Результаты расчетов даны в табл. 4. Q_m приведены как в $\text{мг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$, так и в $\text{т}\cdot\text{км}^{-2}\cdot\text{ч}^{-1}$. Последние единицы измерения Q_m удобны для пересчета подъема частиц со всей площади источника.

Таблица 4

Результаты вычислений вертикальных потоков массы мелкодисперсных частиц по отборам на фильтры АФА, БГМК, 2002 г.

| Время | | Концентрация, $\text{мг}/\text{м}^3$ | | u_m м/с | \bar{L} , м | Q_m $\text{мг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ | | Q_m $\text{т}\cdot\text{км}^{-2}\cdot\text{ч}^{-1}$ | |
|------------|-------|---|---------|--------------|------------------|---|--------|---|--------|
| начало | конец | $z = 0,5$ | $z = 2$ | | | по (2) | по (3) | по (2) | по (3) |
| 11 августа | | | | | | | | | |
| 13:51 | 14:51 | 12,2 | 3,96 | 0,24 | - | 0,57 | 0,43 | 2,07 | 1,55 |
| 12 августа | | | | | | | | | |
| 10:37 | 11:01 | 23,6 | 1,11 | 0,19 | -6 | 1,50 | 1,03 | 5,41 | 3,68 |
| 11:32 | 12:07 | 19,8 | 0,37 | 0,15 | -12 | 0,92 | 0,55 | 3,33 | 2,0 |
| 12:15 | 12:45 | 0,4 | 0,11 | 0,12 | -10 | 0,01 | 0,005 | 0,05 | 0,02 |
| 15:07 | 15:37 | 0,6 | 0,11 | 0,12 | -5 | 0,02 | 0,01 | 0,08 | 0,04 |
| 15:47 | 16:17 | 3,0 | 0,50 | 0,13 | -3 | 0,15 | 0,08 | 0,53 | 0,28 |
| 16:27 | 16:57 | 2,4 | 0,60 | 0,14 | -2 | 0,16 | 0,09 | 0,57 | 0,33 |
| 17:08 | 17:39 | 2,3 | 0,51 | 0,16 | -11 | 0,09 | 0,06 | 0,32 | 0,20 |
| 17:49 | 18:19 | 2,1 | 0,82 | 0,17 | -8 | 0,07 | 0,06 | 0,26 | 0,17 |
| 18:33 | 19:03 | 3,3 | 0,76 | 0,2 | -47 | 0,15 | 0,11 | 0,54 | 0,38 |
| 13 августа | | | | | | | | | |
| 15:43 | 16:13 | 1,2 | 0,72 | 0,16 | -4 | 0,03 | 0,02 | 0,10 | 0,06 |
| 16:44 | 17:16 | - | 0,40 | 0,16 | -4 | - | - | - | - |
| 17:26 | 17:58 | 0,3 | 0,32 | 0,12 | 7 | -0,002 | -0,001 | -0,007 | -0,004 |

Последнее измерение 13 августа в 17 ч 58 мин пришлось на начало процесса выпадения аэрозоля из потока на поверхность хвостохрапильца

(отрицательное значение Q_w). Вертикальный поток массы мелкодисперсных частиц при чисто конвективном потоке на 1...2 порядка меньше.

Однако, почти повседневная непрерывная работа этого механизма выноса массы в теплый период года (6...7 месяцев) должна вносить значительный вклад в вынос наиболее мелких частиц на окружающие хвостохранилище территории, в том числе на зеркало озера и город. По нашим наблюдениям за неполный день измерений 12 августа с одного км² было поднято и снесено потоком воздуха за пределы хвостохранилища 1 т. Так как восточная сухая часть хвостохранилища занимает 10...12 км², то весь вынос за этот день достигает 111...133 т. Если принять длительность теплового периода за 180...200 суток, то за год по этой грубой оценке следует ожидать выноса порядка 24000...25000 т.

Вынос массы частиц M с хвостохранилища во время длительной бури 12 – 13 августа и за время четырех более слабых бурь вычислялся по формуле

$$M = Q_w \cdot F \cdot t, \quad (5)$$

где F – площадь, подвергающаяся выветриванию, м²; t – длительность переноса, с. Информация для вычислений бралась из табл.5. За первую бурю 11 августа было вынесено 5...6 т, за вторую – 120...150 т. Существенно меньше был вынос за дневные слабые бури 12 августа: за первую – 5...6 т, за вторую – около 3 т. Вынос за длительную бурю 12 – 13 августа достигал значительных величин – 1013...1213 т. За все эти случаи бурь с хвостохранилища было вынесено порядка 1140...1360 т. Так как ветер имел направление преимущественно северных румбов, то поток аэрозолей выходил на озеро Балхаш и выпадал на зеркало водоема. Общий вынос за время измерений достиг 1250...1500 т.

Вынос массы песка с хвостохранилища БГМК во время бури 12 – 13 августа был также рассчитан по физико-статистической модели песчаных бурь КазНИГМИ, описание которой можно найти в монографии [1]. Масса выноса за бурю в ней определяется по формуле

$$M = Q_z \cdot t \cdot l, \quad (6)$$

где Q_z – общий расход песка в приземном слое атмосферы кг·м⁻¹·с⁻¹, t – длительность бури, l – ширина фронта переноса ветропесчаного потока. Q_z – это масса переносимого ветром песка в слое от поверхности до верхней границы приземного слоя атмосферы через фронт переноса шириной 1 м. Ши-

рина фронта переноса l определяется размерами хвостохранилища и направлением ветра. Во время бури ветер постепенно менял свое направление от ЗСЗ до В румба и, поскольку точных контуров дефлируемой площади нет, то величина фронта переноса была принята равной $l = 3$ км, что является, очевидно, несколько заниженной его оценкой. Для $x_0 = 160$ мкм и динамической скорости $u_* = 0,51$ м/с общий расход песка 50-ти процентной обеспеченности равен $Q = 6 \cdot 10^3$ кг·м⁻¹·с⁻¹. При принятых нами значениях входящих в формулу величин вынесенная за бурю масса песка 50-ти процентной обеспеченности оказалась равной $M_{50\%} = 1040$ т. По описанной выше диффузионной модели вынос массы песка с хвостохранилища оказался равным $M = 1670 \dots 2000$ т при расчете по формуле (2) и $1013 \dots 1213$ т – по формуле (3). Сравнение этих результатов говорит о том, что учет гравитационного осаждения примеси позволил получить близкие результаты с физико-статистической моделью КазНИГМИ. Это позволяет применить последнюю к вычислению многолетнего выноса частиц с хвостохранилища БГМК по данным наблюдений М Балхаш за пыльными бурями.

О содержании тяжелых металлов в породах хвостохранилища и аэрозолях

В настоящее время неоспоримым фактом является загрязнение оз. Балхаш золовым выносом веществ из хвостохранилища БГМК. Результаты экспедиционного исследования 2002 года показывают, что основными загрязнителями оз. Балхаш из хвостохранилища БГМК являются кадмий, свинец, цинк и медь. Для объективной оценки содержания загрязняющих веществ в подстилающей поверхности хвостохранилища нами были выбраны 9 репрезентативных точек отбора проб по периметру хвостохранилища и на площадке метеонаблюдений (рис. 1).

Результаты химического анализа почвы на площадке наблюдений характеризуются следующими показателями: кадмий – 7,30 мг/кг; свинец – 81,28 мг/кг; цинк – 67,05 мг/кг; медь – 414,54 мг/кг. При этом индекс загрязненности почвы на площадке наблюдений, относительно предельно-допустимых концентраций веществ, составляет: кадмий – 14,6 при ПДК – 0,50 мг/кг; свинец – 2,5 при ПДК – 32 мг/кг; цинк – 1,2 при ПДК – 55 мг/кг; медь – 12,6 при ПДК – 33 мг/кг (табл. 5).

Вторая проба, с этой же площадки характеризуется как желтый охристый суглинок и имеет следующие показатели химических веществ: кадмий – 0,35 мг/кг (0,7 ПДК); свинец – 140,32 мг/кг (4,4 ПДК); цинк – 36,31 мг/кг (0,7 ПДК); медь – 3385,13 мг/кг (102,6 ПДК).

Отобранный песок на глубине от 0 до 10 см на этой площадке содержит химические ингредиенты в следующих пределах: кадмий – 0; свинец – 66,24 мг/кг (2,1 ПДК); цинк – 46,60 мг/кг (0,8 ПДК); медь – 2315,92 мг/кг (70,2 ПДК). Результаты химического анализа породы, отобранной на площадке наблюдений, характеризуются содержанием: кадмий – 1,85 мг/кг (3,7 ПДК), свинца – 97,97 мг/кг (3,1 ПДК), цинка – 45,13 мг/кг (0,8 ПДК) и меди – 1508,85 мг/кг (45,7 ПДК).

Таблица 5

Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в грунте хвостохранилища БГМК, август 2002 г.

| Место отбора | Металл | | | |
|---|--------|--------|--------|---------|
| | кадмий | свинец | цинк | медь |
| Площадка метеонаблюдений | | | | |
| Желтый охристый суглинок | 7,30 | 81,28 | 67,05 | 414,54 |
| 0,3 см верх, серая корочка | 0,35 | 140,32 | 36,31 | 3385,13 |
| Песок 0-10 см | Необн. | 66,24 | 46,60 | 2315,92 |
| Песок 0-5 см с места стоянки приборов | 1,85 | 97,97 | 45,13 | 1508,85 |
| Образцы из пульпопровода | | | | |
| №1 | 2,83 | 129,78 | 109,20 | 67,90 |
| №2 | 3,48 | 659,37 | 33,30 | 2069,03 |
| №3 | 2,46 | 461,20 | 47,08 | 1709,93 |
| №4 | 14,64 | 59,54 | 47,08 | 3869,41 |
| №5 | 34,36 | 142,75 | 71,5 | 1611,02 |
| Пробы по периметру хвостохранилища | | | | |
| Точка 1 | Необн. | 802,18 | 44,09 | 2811,87 |
| Точка 3 | 5,34 | 538,82 | 44,70 | 1547,37 |
| Точка 4 | 16,02 | 509,88 | 55,10 | 2373,55 |
| Точка 5 | 4,50 | 36,55 | 114,90 | 17,43 |
| Точка 8 (сухой песок) | 43,49 | 110,63 | 40,20 | 2878,98 |
| Точка 8 (у наливного водоема) | 28,37 | 242,74 | 117,30 | 2360,40 |
| Точка 9 (коренная белая порода) | 29,09 | 850,0 | 94,50 | 323,93 |
| Точка 9 (насосная станция, темно-серый песок) | 4,32 | 654,80 | 51,80 | 1951,43 |
| Точка 9 (светлый песок хвостохранилища) | 35,06 | 625,93 | 32,40 | 4101,35 |
| Песок из карьера на хвостохранилище | 4,63 | 686,00 | 48,50 | 1711,66 |
| Сухой песок у пруда отстойника | 2,95 | 562,11 | 46,90 | 922,39 |
| Мокрый песок у пруда отстойника | 4,76 | 93,32 | 44,08 | 1875,02 |
| Бархан у пруда испарителя | 8,05 | 293,10 | 30,20 | 3282,30 |

Выявленная загрязненность почв по периметру хвостохранилища, согласно схеме отбора проб в точках (рис. 1) характеризуется следующими показателями:

- точка 1: кадмий – 0; свинец – 802,18 мг/кг (25,1 ПДК), цинк – 44,09 мг/кг (0,8 ПДК), медь – 2811,87 мг/кг (85,2 ПДК);

- точка 3: кадмий – 5,34 мг/кг (10,7 ПДК); свинец – 538,82 мг/кг (16,8 ПДК), цинк – 44,70 мг/кг (0,8 ПДК), медь – 1547,37 мг/кг (46,9 ПДК);

- точка 4: кадмий – 16,02 мг/кг (32,0 ПДК); свинец – 509,88 мг/кг (15,9 ПДК), цинк – 55,10 мг/кг (1,0 ПДК), медь – 2373,55 мг/кг (71,9 ПДК);

- точка 5: кадмий – 4,50 мг/кг (9,0 ПДК), свинец – 36,55 мг/кг (1,1 ПДК), цинк 114,90 мг/кг (2,1 ПДК), медь – 17,43 (0,5 ПДК);

- точка 8 (сухой песок): кадмий – 43,49 мг/кг (87,0 ПДК), свинец – 110,63 мг/кг (3,5 ПДК), цинк - 40,20 мг/кг (0,7 ПДК), медь – 2878,98 мг/кг (87,2 ПДК);

- точка 8 (у наливного водоема): кадмий – 28,37 мг/кг (56,7 ПДК), свинец – 242,74 мг/кг (7,6 ПДК), цинк - 117,30 мг/кг (2,1 ПДК), медь – 2360,40 мг/кг (71,5 ПДК);

- точка 9 кадмий – 29,09 мг/кг (58,2 ПДК), свинец – 850,0 мг/кг (26,6 ПДК), цинк - 94,50 мг/кг (1,7 ПДК), медь – 323,93 мг/кг (9,8 ПДК);

- точка 9 (насосная станция): кадмий – 4,32 мг/кг (8,6 ПДК), свинец – 654,80 мг/кг (20,5 ПДК), цинк - 51,80 мг/кг (0,9 ПДК), медь – 1951,43 мг/кг (59,1 ПДК).

Как видно из приведённых данных, за исключением отдельных проб по цинку, наблюдается повсеместное превышение кадмием, цинком, свинцом и медью установленных предельно-допустимых концентраций. По содержанию ионов тяжелых металлов, пробы хвостохранилища БГМК нельзя относить к категории природных почв - по концентрации ионов тяжелых металлов эти искусственные почвы являются промышленно обогащенными концентратами, готовыми к вторичному использованию. Этот тезис подтверждается на примере химического анализа проб, отобранных из пульпопровода:

- проба № 1: кадмий – 2,83 мг/кг (5,7 ПДК), свинец - 129,78 мг/кг (4,1 ПДК), цинк - 109,20 мг/кг (2,0 ПДК), медь - 67,90 мг/кг (2,1 ПДК);

- проба № 2: кадмий – 3,48 мг/кг (7,0 ПДК), свинец - 659,37 мг/кг (20,6 ПДК), цинк – 33,30 мг/кг (0,6 ПДК), медь – 2069,03 мг/кг (62,7 ПДК);

- проба № 3: кадмий – 2,46 мг/кг (4,9 ПДК), свинец – 461,20 мг/кг (14,4 ПДК), цинк – 47,08 мг/кг (0,9 ПДК), медь – 1709,93 мг/кг (51,8 ПДК);

- проба № 4: кадмий – 14,64 мг/кг (29,3 ПДК), свинец – 59,54 мг/кг (1,9 ПДК), цинк – 47,08 мг/кг (0,9 ПДК), медь – 3869,41 мг/кг (117,3 ПДК);

- проба № 5: кадмий – 34,36 мг/кг (68,7 ПДК), свинец – 142,75 мг/кг (4,5 ПДК), цинк – 71,5 мг/кг (1,3 ПДК), медь – 1611,02 мг/кг (48,8 ПДК).

Поступившая по пульпопроводу на территорию хвостохранилища порода, после высыхания, подвергается золотой переработке и выносу во всех направлениях, в том числе и на акваторию оз. Балхаш. По нашему предположению, основными источниками загрязнения озера ионами тяжелых металлов является именно хвостохранилище БГМК, сток р. Каратал и сточные воды г. Балхаша. При этом необходимо отметить, что сток р. Каратал содержит в основном ионы свинца и цинка, тогда как медь и кадмий отсутствуют.

Отобранные на фильтры частицы были подвергнуты анализу на содержание кадмия, меди и мышьяка. Анализы на содержание перечисленных тяжелых металлов выполнены в Центре мониторинга загрязнения природной среды Казгидромета (аналитик Ж.М. Жаппарова). Их определение проводилось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборе типа АА-6650 фирмы "Shimadzu" с точностью до 0,1 ppb. В табл. 6 приведены результаты измерений и анализов.

Таблица 6

Содержание пыли и тяжелых металлов в воздухе на уровнях 0,5 и 2 м

| Вещества | Время | | Концентрация, мг/м ³ | |
|------------|--------|-------|---------------------------------|----------|
| | начало | конец | z = 0,5 м | z = 2 м |
| 12.08.2002 | | | | |
| | 10:37 | 12:45 | | |
| Пыль | | | 6600,851 | 518,4809 |
| Cd | | | 0,070718 | 0,024531 |
| Cu | | | 6,164522 | 0,756213 |
| As | | | 0,050069 | 0,017288 |
| | 15:07 | 16:57 | | |
| Пыль | | | 2027,502 | 416,6885 |
| Cd | | | 0,044772 | 0,041365 |
| Cu | | | 1,454091 | 0,450788 |
| As | | | 0,026707 | 0,017501 |
| | 17:08 | 19:03 | | |
| Пыль | | | 2566,081 | 684,7971 |
| Cd | | | 0,018927 | 0,016554 |

| Вещества | Время | | Концентрация, мг/м ³ | |
|----------|------------|-------|---------------------------------|----------|
| | начало | конец | z = 0,5 м | z = 2 м |
| Cu | | | 3,57169 | 0,661314 |
| As | | | 0,023543 | 0,01511 |
| | 13.08.2002 | | | |
| | 15:43 | 17:58 | | |
| Пыль | | | 702,4085 | 539,7 |
| Cd | | | 0,046836 | 0,093686 |
| Cu | | | 0,788855 | 1,050145 |
| As | | | 0,027519 | 0,029282 |

Концентрация пыли в воздухе на высоте 2 м превышала во время отбора предельно допустимую (ПДК = 0,2 мг/м³) в 2...3.4 раза, по кадмию и мышьяку не достигали ПДК. По меди – лишь однажды концентрация превысила ПДК (13 августа) на уровне 2 м, но на высоте 0,5 м, превышение ПДК меди достигало 6, что говорит о том, что медь переносится, по-видимому, сальтирующими крупными частицами.

Выводы

Кратковременное экспериментальное исследование выноса частиц с поверхности хвостохранилища Балхашского горно-металлургического комбината показало наличие интенсивных процессов выветривания примерно на половине его площади (10...12 км²), окружной дороге и части откосов. При полевых измерениях удалось получать оценку подъема и выноса массы породы с хвостохранилища во время длительной пыльной бури средней интенсивности. Буря длилась шестнадцать часов при скоростях ветра 10...12 м/с. Вынесенная масса оценена нами величиной 1000...1200 т. Кратковременные усиления ветра, сопровождающиеся переносом частиц твердой фазы, давали вынос от 2 до 100 т.

Повседневно действующий конвективный механизм подъема мелкодисперсных частиц на фоне умеренных скоростей ветра (4...5 м/с) дает в сутки величину выноса порядка 100 т. Учитывая длительность теплого периода, когда действуют конвективные процессы, вынос этим механизмом достигает порядка 24000...25000 т в год. Метеорологические наблюдения М Балхаш за явлениями дефляции на поверхности хвостохранилища БГМК, очевидно, не репрезентативны. Причиной этого является, по-видимому, дымовой факел комбината, закрывающий хвостохранилище от

УДК 551.525.4

**О ВЛИЯНИИ ОЗЕРА БАЛХАШ НА КЛИМАТ
ПРИЛЕГАЮЩЕГО РЕГИОНА**

Л.А. Воронина

В статье приведены тренды аномалий температуры воздуха и осадков для центральных месяцев тёплого и холодного полугодий (июль, январь) по семи метеостанциям Прибалхашья за период с 1940 по 1999 гг. включительно и отдельно по двум периодам: до строительства Капшагайской ГЭС и после. Дана оценка изменений аномалий за исследуемые периоды. Полученные результаты позволили автору наметить тенденцию в изменении температуры воздуха и осадков в зимний и летний период на фоне снижения уровня воды оз. Балхаш и его водной поверхности.

Озеро Балхаш является третьим по величине в Казахстане бессточным водоёмом и играет важную роль в формировании климата региона. Площадь его водосбора в Казахстане – 353 тыс. км² и охватывает территории Карагандинской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской и Алматинской областей. Климат региона, прилегающего к оз. Балхаш, в основном, континентальный, но весьма неоднородный вследствие значительной широтной протяжённости озера и больших различий в строении рельефа [2]. Северное и Северо-западное Прибалхашье – равнинное плато, а Южное – песчаные пустыни. Отличительная особенность климата северных равнин – большие суточные и годовые колебания температуры воздуха, холодная зима и продолжительное, жаркое и сухое лето. Пустыни Южного Прибалхашья отличаются особенно высокими температурами и сухим климатом.

Основным источником питания оз. Балхаш является сток р. Или, на которой в 1970 году была построена Капшагайская ГЭС. В среднем на наполнение Капшагайского водохранилища ежегодно изымалось около 30% стока р. Или. В результате, уровень оз. Балхаш начал понижаться. К 2002 г. он упал почти на 1,5 м. В связи с этим сократилась на 30-40 % площадь его водной поверхности. До строительства Капшагайской ГЭС площадь озера составляла 21410 км² при уровне озера 343 м [1]. В 2002 г. она уменьшилась до 15285 км² при уровне озера 341,5 м.

Изменение водного режима озера не могло не сказаться на климате региона. Влияние озера больше всего прослеживается на температуре воздуха и количестве осадков. В данной работе сделан анализ изменения этих метеорологических элементов за 60-летний период (1940...1999 гг.). Использовались данные о среднемесячной температуре воздуха и месячном количестве осадков за центральные месяцы теплого и холодного полугодий (июль, январь) по семи метеостанциям, расположенным в прилегающем к озеру регионе: Чиганак, Сарышаган, Балхаш, Аягуз, Актогай, Наймансуек и Аул №4. При анализе хода температуры воздуха и количества осадков, рассматривались не абсолютные их величины, а отклонения от их средних многолетних значений (аномалии).

Особый интерес представлял анализ хода температуры и осадков как за весь 60 - летний ряд наблюдений так и отдельно за периоды 1940-1969 и 1970-1999 гг., т. е. до и после заполнения Капшагайского водохранилища. Рассчитывались тренды аномалий температуры воздуха и месячного количества осадков (табл.1, 2) и оценивался ход их изменчивости во времени на фоне падения уровня оз. Балхаш.

Таблица 1

Тренды (градус/год) отклонений средней месячной температуры воздуха от нормы в июле и январе

| Метеостанция | 1940...1999 гг. | | 1940...1969 гг. | | 1970...1999 гг. | |
|--------------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | июль | январь | июль | январь | июль | январь |
| Сарышаган | -0,30 | 1,09 | -1,03 | -1,87 | 1,07 | 1,38 |
| Чиганак | -0,28 | 1,23 | -0,81 | -0,93 | 0,72 | -0,04 |
| Балхаш | -0,24 | 0,35 | -0,76 | -2,38 | 0,73 | 0,39 |
| Аул №4 | -0,10 | 0,98 | -1,12 | -2,22 | -0,67 | 0,80 |
| Наймансуек | 0,28 | 0,55 | -0,54 | -2,28 | -0,16 | -0,11 |
| Актогай | 0,42 | 0,76 | -0,47 | -4,46 | 0,68 | -0,99 |
| Аягуз | 0,39 | 1,92 | -0,40 | -3,87 | 0,65 | -1,70 |

Таблица 2

Тренды (%/год) отклонений месячных сумм осадков от нормы в июле и январе

| Метеостанция | 1940...1999 гг. | | 1940...1969 гг. | | 1970...1999 гг. | |
|--------------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | июль | январь | июль | январь | июль | январь |
| Сарышаган | -74,0 | -5,3 | 371,7 | -25,4 | 84,9 | 46,6 |
| Чиганак | -14,0 | -19,0 | 136,3 | -33,4 | 105,4 | 29,7 |
| Балхаш | 1,7 | -1,2 | 102,7 | -22,5 | 98,5 | 97,2 |
| Аул 4 | 12,0 | -20,6 | 49,3 | -2,4 | 19,2 | 11,84 |
| Наймансуек | -5,2 | -3,8 | 136,7 | -2,0 | 27,5 | 24,6 |
| Актогай | 2,0 | -31,2 | 77,4 | 27,6 | 35,1 | 12,5 |
| Аягуз | -3,8 | -29,4 | 76,0 | 141,3 | -1,4 | -183,4 |

Оказалось, что в июле тренды отклонений (аномалий) средней месячной температуры воздуха от нормы за весь исследуемый ряд лет слабо отрицательны на станциях, прилегающих к западной части оз.Балхаш (Сарыпаган, Чиганак, Балхаш) и слабо положительны на станциях, прилегающих к его восточной части (Актогай, Аягуз). За период 1940...1969 гг. тренд отрицателен по всем выбранным станциям, а за период 1970...1999 гг. – положителен по станциям, прилегающим к западной и восточной частям озера. Анализ изменчивости аномалии температуры воздуха в июле позволяет сделать вывод, что после 1970 г. увеличивается число лет с положительной аномалией температуры воздуха, что говорит об устойчивой тенденции повышения среднемесячной температуры воздуха в летний период в этом районе.

Для января тренды отклонений (аномалий) средней месячной температуры воздуха от нормы за весь исследуемый ряд лет оказались положительны по всем станциям. С 1940 по 1969 гг. – отрицательны, а за период 1970...1999 гг. – положительны. Анализ изменчивости аномалии температуры воздуха позволяет сделать вывод, что наблюдается преобладание тёплых января над холодными (в 2-3 раза), но при сравнении периодов до 1970 г. и после, необходимо отметить, что после 1970 г. почти вдвое увеличивается число лет с крупной (более 3 °С) положительной аномалией температуры воздуха. Отрицательный тренд до 1969 г. объясняется не общим похолоданием в этот период, а частым повторением лет с крупными отрицательными аномалиями температуры воздуха. В июле тренды аномалий месячных сумм осадков за весь ряд лет почти не изменяются. За периоды 1940...1969 и 1970...1999 гг. тренды аномалий осадков положительны, но после 1970 г. коэффициент функции почти на порядок меньше. Анализ графиков хода аномалий осадков позволяет сделать вывод, что в период 1970...1999 гг. увеличивается повторяемость лет с дефицитом осадков, что свидетельствует об увеличении засушливости климата в этом районе в теплый период года.

Линейные тренды аномалий суммы осадков в январе за весь исследуемый ряд лет с 1940 по 1999 гг. мало показательны, но анализ кривой изменчивости осадков до 1970 г. и после, позволяет сделать вывод, что увеличивается число лет с дефицитом осадков. Повышение аномалии температуры воздуха и уменьшение количества осадков приводит к уменьшению, а в отдельные годы к отсутствию снежного покрова в Прибалхашском регионе, что в свою очередь приводит к уменьшению влагозапасов в почве.

Таким образом, общий вывод состоит в том, что снижение уровня оз. Балхаш и, как следствие этого, сокращение его водной поверхности, может являться одной из причин, вызывающих изменение климата в юго-восточном регионе республики: лето становится более жарким и засушливым, а зима – малоснежной и теплой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья/ Под ред. И.И. Скоцеляса.- СПбг: Гидрометеоиздат, 1995.– 270 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том13, Вып.2.- Л.: Гидрометеоиздат, 1970.– 646 с.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП “Казгидромет”

БАЛХАШ КӨЛІНІҢ ЖАҚЫН АЙМАҚ КЛИМАТЫНА ТИГІЗЕТІН ӘСЕРІ

Л.А. Воронина

Мақалада Балхаш өңіріндегі жеті метеостанциялар бойынша 1940-1999 жылдар аралығындағы және Қашағай ГЭСі салынғанға дейінгі және салынып болғаннан кейінгі екі кезең бойынша әсеке жылы және суық жартыжылдықтардың орталық (шілде, қаңтар) айлары үшін ауа температурасы мен жауын-шашындар аномалиясы трендтері келтірілген. Зерттелген кезеңдердегі аномалиялардың өзгеруіне баға берілген. Алынған нәтижелер авторға қыс және жаз мезгілдерінде Балхаш көліндегі су деңгейі мен оның су көлемінің азаюы кезінде ауа температурасының және жауын-шашындардың өзгеру тенденциясын байқауға мүмкіндік берді.

УДК 551.577.1

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ
ОСАДКОВ НА ВОСТОКЕ КАЗАХСТАНА**

Канд. физ-мат. наук Е.В. Боголюбова
М.Т. Кусаинова

В данной работе приведены статистические характеристики осадков на востоке Казахстана и проведена проверка длинных и коротких рядов на однородность с помощью критериев Стьюдента и Фишера. Были обработаны ряды с 1970 по 2000 годы. Также была получена объективная классификация осадков по формулам процентилей.

Осадки - наиболее сложное явление, обладающее сильной изменчивостью и трудно поддающееся долгосрочному предсказанию.

Количество осадков является важнейшей характеристикой климата данной местности. Знание режима осадков требуется в самых различных отраслях народного хозяйства. Изучению его климатология всегда уделяла большое внимание. Однако современная климатология основное внимание уделяет изменчивости метеорологических элементов от года к году. По этой причине основной величиной для климатической характеристики месячных сумм осадков до сих пор является "норма", т.е. среднее значение месячных сумм осадков в данном месяце за достаточно большой период наблюдений [1]. Характер пространственной неоднородности осадков отмечается многими авторами. Было отмечено, что эффект неоднородности распределения осадков формируется при совместном влиянии макро- и микроклиматических условий. Макроклиматические условия пространственной неоднородности осадков, обусловленные влиянием крупномасштабных процессов, могут быть учтены сравнительно редкой сетью пунктов наблюдений. Совершенно иначе обстоит дело с учётом микроклиматических условий, особенно в условиях сложного рельефа. Именно микроклиматическая неоднородность территории и является основной причиной значительной "пятнистости" в распределении осадков. В связи с этим для получения репрезентативных значений количества осадков требуется значительное пространственное и временное осреднение [5].

Распределение значительных осадков по территории Казахстана характеризуются некоторыми особенностями, связанными с географическим положением, строением рельефа и со многими другими факторами.

Территория Казахстана, за исключением высокогорных районов, отмечается ярко выраженной засушливостью. Объясняется это тем, что Казахстан расположен почти в центре Евразии и мало доступен непосредственному воздействию влажных атлантических масс воздуха, являющихся для западных районов СНГ основным источником увлажнения. Существенно и то обстоятельство, что особенности барико-циркуляционного режима Евразии обуславливают поступление на территорию северной части Казахстана воздушных масс в состоянии значительной трансформации.

Большое влияние на распределение количества осадков оказывает рельеф местности. Под влиянием возвышенности происходит перераспределение осадков по территории: увеличение их на наветренных возвышенных участках и уменьшение на подветренных. Заметное уменьшение осадков наблюдается вблизи крупных водоемов (Каспийское и Аральское море, а также озер Балхаш и Зайсан). С приближением к горным хребтам, под воздействием которых активизируются фронты, количество осадков резко возрастает. Высокогорные районы отмечаются избыточным увлажнением.

Восточно-Казахстанская область расположена на востоке республики в бассейне верхнего Иртыша, занимая казахстанскую часть Алтая, Зайсанскую котловину, хребты Саур и Тарбагатай. Рельеф области характеризуется наличием гор, предгорий, плато, равнин и котловин. Почти все правобережье Иртыша занято горной системой Алтая. Казахстанский Алтай делится на три района: западные отроги Центрального Алтая, Южный Алтай и Калбинский хребет.

Осадки по территории области распределяются неравномерно. В степной части выпадает обычно 200...280 мм в год, а в горных и предгорных районах – 300 мм и больше. Годовое количество осадков изменяется соответственно от 165...190 мм до 800...1500 мм. Осадки теплого периода (апрель – октябрь) преобладают над осадками холодного (декабрь – март). Это является характерным признаком континентальности области. Максимум осадков на большей части территории приходится на лето, чаще всего на вторую половину. Зима холодная и продолжительная (5...6 месяцев). Снежный покров по области залегает неравномерно; в горных и предгорных районах его высота в среднем достигает 60...80 см и больше, а степных и полупустынных – не превышает 15...25 см.

Нами были исследованы средние месячные суммы осадков за период сначала образования станции до 2000 года по шести станциям Восточно-Казахстанской области (Катон-Карагай, Усть-Каменогорск, Семипалатинск, Зайсан, Бахты, Аягуз), так как в последнем климатическом справочнике приведены месячные суммы осадков за 1891...1980 гг. Месячные суммы осадков были рассчитаны по обычной формуле. Обычно среднее арифметическое вычисляется путём суммирования отдельных наблюдений и деления полученной суммы на общее число измерений. Иногда среднее приходится вычислять по распределению повторяемости.

Точность многолетних средних определяется продолжительностью рядов наблюдений. Не всегда оправдан принцип: чем длиннее ряд, тем точнее среднее многолетнее значение. Этот вопрос решается в зависимости от поставленной задачи. Из сравнительно коротких рядов часто используют ряды, рассчитанные за 30 лет. Но в таких коротких рядах часто происходит смещение максимальных и минимальных величин годовом ходе. В ВМО приняты периоды за 1901...1930 и 1931...1960 гг. Но для районов с недостаточным увлажнением, каким является большая часть территории Казахстана, необходимо брать более длинные ряды наблюдений.

В зависимости от высоты, формы рельефа и экспозиции склонов в горных районах может выпадать различное количество осадков. В Усть-Каменогорске (285 м над уровнем моря) в среднем за год выпадает 464 мм (табл. 1), а в Катон-Карагае (1081 м) - 428 мм. Более сухими оказываются узкие долины, котловины, районы внутренних подветренных склонов гор и равнины. Например, на станции Бахты (441 м), расположенной в северо-восточной части пустынно-равнинного района Алакульской впадины, выпадает 268 мм осадков. В Аягузе (653 м), расположенном в широкой котловине, образованной отрогами хребта Тарбагатай и Чингиз-Тау, относящейся к пустынно - степному району Центрально-Казахстанского мелко-сопочника, и в Семипалатинске (195 м), расположенном на южной окраине Кулундинской степи, выпадает по 275 мм осадков.

В горных частях Восточно-Казахстанской области на синоптические процессы сильное влияние оказывают процессы мезомасштаба. К ним относятся горно-долинная циркуляция, орографические и фронтальные процессы, процессы волнообразования, связанные с пересеченным рельефом и характером подстилающей поверхности.

Таблица 1

Средние значения месячных сумм осадков в Восточно-Казахстанской области

| Станция | Период | Месяц | | | | | | | | | | | | Сумма | | | Среднее |
|------------------|-------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|-----------------------|--------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Теплое полугодие | Холодное полугодие | За год | |
| Каон-Карагай | 1898...2000 | 14 | 13 | 13 | 27 | 57 | 62 | 65 | 56 | 39 | 37 | 26 | 19 | 49 | 17 | 428 | 36 |
| Усть-Каменогорск | 1910...2000 | 23 | 24 | 28 | 33 | 45 | 51 | 58 | 46 | 32 | 43 | 44 | 37 | 44 | 31 | 464 | 39 |
| Семипалатинск | 1875...2000 | 16 | 14 | 16 | 17 | 26 | 33 | 40 | 25 | 18 | 24 | 25 | 21 | 26 | 18 | 275 | 23 |
| Зайсант | 1889...2000 | 10 | 9 | 15 | 28 | 41 | 38 | 41 | 27 | 25 | 28 | 22 | 16 | 33 | 14 | 300 | 25 |
| Бахты | 1927...2000 | 19 | 19 | 18 | 26 | 29 | 21 | 23 | 14 | 13 | 25 | 33 | 28 | 22 | 23 | 268 | 22 |
| Аягуз | 1928...2000 | 17 | 14 | 14 | 23 | 31 | 31 | 37 | 19 | 17 | 26 | 26 | 20 | 26 | 18 | 275 | 23 |

Закономерности пространственного распределения зависят от циркуляционных факторов, то есть от активности циклогенеза. Большую роль играет влагосодержание воздуха и его относительная влажность. Образование значительных осадков связано с адиабатическим охлаждением воздуха при подъеме. Восхождение воздуха в большей степени зависит и от рельефа местности, который может увеличить или уменьшить выпадение осадков.

В холодный период года преобладают вторжения холодных и бедных влагой арктических воздушных масс умеренных широт континентального происхождения. Благодаря устойчивому снежному покрову и низким температурам воздух почти не обогащается влагой за счет испарения с земной поверхности. Поэтому количество осадков в холодный период невелико. В Зайсане выпадает в среднем 72 мм, в Семипалатинске и Аягузе - 92, 91 мм соответственно, в Катон-Карагае - 85 мм, на станции Бахты - 117 и в Усть-Каменогорске - 156 мм. За теплый период года на всех станциях выпадает большее количество осадков, чем за холодный. В Катон-Карагае - 343 мм, в Усть-Каменогорске - 308 мм, в Зайсане - 228 мм, в Семипалатинске и в Аягузе - 183 и 184 мм соответственно, на станции Бахты - 151 мм.

Годовой ход месячных сумм осадков в Восточно-Казахстанской области разнообразен. В Катон-Карагае он имеет четко выраженный максимум летом (июль) и минимум зимой (февраль). Станция Катон-Карагай расположена в горном районе на высоте 1081 м над уровнем моря, и обилие осадков летом тут может быть объяснено обострением фронтальных зон в связи с вынужденной конвекцией. В Усть-Каменогорске помимо главного максимума в июле наблюдается второй, менее выраженный, максимум в октябре-ноябре. На остальных 4-х станциях годовой ход аналогичен годовому ходу в Усть-Каменогорске. Несколько отличается годовой ход выпавших осадков в Зайсане, так как там наблюдается максимум в мае, июне, июле и октябре. Осенний максимум может быть связан с увеличением температурных контрастов в переходный период года и свободным прохождением циклонов через территорию.

Особый интерес представляет изучение изменчивости осадков, так как средняя величина не является достаточно полной характеристикой режима их выпадения. Среднее квадратическое отклонение S_r для шести станций Восточно-Казахстанской области рассчитано по формуле для несмещенного значения (табл. 2).

Таблица 2

Статистические характеристики месячных сумм осадков на востоке Казахстана

| Станция, период | Статистические характеристики | Месяц | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Катон-Карагай 1898...2000 | S_x | 11 | 12 | 8 | 14 | 29 | 34 | 27 | 24 | 19 | 19 | 14 | 11 |
| | C_v | 0,77 | 0,92 | 0,57 | 0,53 | 0,51 | 0,55 | 0,41 | 0,42 | 0,49 | 0,51 | 0,52 | 0,56 |
| | A_s | 2,9 | 2,7 | 1,1 | 0,2 | 0,6 | 2,6 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 1,3 | 1,0 |
| | E_x | 11,6 | 10,2 | 2,1 | -0,6 | 0,5 | 13,9 | 0,3 | 1,1 | 1,3 | 1,6 | 3,9 | 2,6 |
| Усть-Каменогорск 1910...2000 | S_x | 13 | 13 | 18 | 22 | 24 | 33 | 32 | 26 | 20 | 22 | 20 | 21 |
| | C_v | 0,56 | 0,55 | 0,63 | 0,67 | 0,53 | 0,64 | 0,56 | 0,57 | 0,62 | 0,52 | 0,46 | 0,58 |
| | A_s | 1,6 | 1,2 | 1,6 | 1,6 | 0,5 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,8 |
| | E_x | 4,7 | 4,3 | 3,6 | 4,0 | 0,7 | 0,8 | 3,5 | 1,9 | 1,3 | 1,0 | 0,7 | 0,3 |
| Семипалатинск 1875...2000 | S_x | 8 | 8 | 10 | 17 | 24 | 23 | 26 | 15 | 11 | 13 | 13 | 10 |
| | C_v | 0,52 | 0,61 | 0,63 | 0,98 | 0,90 | 0,70 | 0,65 | 0,61 | 0,60 | 0,54 | 0,51 | 0,49 |
| | A_s | 1,1 | 0,9 | 1,7 | 3,3 | 5,2 | 2,7 | 1,5 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 0,7 |
| | E_x | 2,9 | 1,7 | 6,7 | 18,2 | 43,2 | 15,9 | 3,8 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,5 |
| Зайсан 1889...2000 | S_x | 6 | 7 | 11 | 18 | 25 | 26 | 22 | 15 | 16 | 18 | 13 | 9 |
| | C_v | 0,63 | 0,73 | 0,69 | 0,64 | 0,60 | 0,68 | 0,55 | 0,55 | 0,63 | 0,66 | 0,58 | 0,55 |
| | A_s | 1,9 | 1,8 | 1,1 | 0,7 | 1,1 | 0,9 | 0,5 | 0,4 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,3 |
| | E_x | 7,3 | 5,8 | 0,8 | 0,5 | 1,7 | 18,7 | -0,5 | -0,1 | 2,4 | 3 | 3,7 | 3,2 |

Окончание табл.

| Станция, период | Статистические характеристики | Месяц | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Бакты 1927...2000 | S_x | 11 | 13 | 12 | 21 | 23 | 15 | 20 | 12 | 12 | 19 | 19 | 15 |
| | C_v | 0,56 | 0,68 | 0,68 | 0,80 | 0,78 | 0,74 | 0,87 | 0,86 | 0,92 | 0,74 | 0,58 | 0,53 |
| | A_s | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,0 | 1,8 | 1,4 | 1,9 | 1,1 | 1,4 | 1,3 | 1,0 | 0,6 |
| | E_x | 2,5 | 2,5 | 3,4 | 0,5 | 5,6 | 3,5 | 6,7 | 1,1 | 2,0 | 3,0 | 1,0 | 0,1 |
| Лягуз 1928...2000 | S_x | 14 | 11 | 11 | 19 | 24 | 23 | 30 | 18 | 12 | 16 | 16 | 13 |
| | C_v | 0,78 | 0,78 | 0,77 | 0,82 | 0,76 | 0,75 | 0,80 | 0,91 | 0,70 | 0,62 | 0,61 | 0,65 |
| | A_s | 1,6 | 1,0 | 1,6 | 1,6 | 1,0 | 1,3 | 1,3 | 1,8 | 0,7 | 1,0 | 1,1 | 1,4 |
| | E_x | 3,8 | 0,6 | 4,4 | 3,4 | 0,8 | 2,0 | 1,5 | 4,1 | -0,2 | 2,2 | 2,1 | 2,4 |

Примечание: S_x – среднее квадратическое отклонение, C_v – коэффициент вариации, A_s – коэффициент асимметрии, E_x – коэффициент эксцесса.

Полугодовой ход средних квадратических отклонений совпадает с полугодовым ходом средних значений, т. е. чем больше норма, тем больше среднее квадратическое отклонение. Наибольшие S_x наблюдаются в летние месяцы, а наименьшие – в январе – марте. Анализ показывает, что рассеяние месячных сумм осадков на станциях Катон-Карагай, Усть-Каменогорск и Аягуз больше, чем в Семипалатинске, Зайсане и Бахты.

Не менее важной характеристикой изменчивости метеорологической величины является коэффициент вариации C_v . Он оценивает степень разброса по отношению к норме. Годовой ход коэффициента вариации для месячных сумм осадков говорит о том, что ни на одной из станций ни в один месяц разброс не превышал норму и был разным для всех рассмотренных станций. Для востока Казахстана в большинстве случаев значения коэффициента вариации больше 0,5. Так, в Катон-Карагае максимум отмечается в феврале (0,92), в Семипалатинске – в апреле (0,98), в Аягузе – в августе (0,91). Минимальные значения отмечаются в июле – 0,41, в феврале – 0,49, в ноябре – 0,61 соответственно. В Усть-Каменогорске и Зайсане колебания коэффициента вариации в течение года незначительны от 0,46 до 0,67 и от 0,55 до 0,73 соответственно. Эти значения коэффициента вариации довольно велики, но для осадков Казахстана обычны.

Все вопросы, связанные с изменчивостью и повторяемостью метеорологических величин, могут быть легко решены, если известна функция распределения. Для некоторых метеорологических элементов, например средних месячных температур воздуха, функции распределения близки к нормальным. В этих случаях функция распределения определяется двумя параметрами: средним значением и дисперсией.

Во многих физико-статистических схемах прогноза специфических характеристик погоды необходимо выполнения условия нормальности распределения предикторов, в качестве которых могут оказаться и осадки. Осадки в большинстве случаев распределены не нормально. Поэтому в настоящей работе были рассчитаны характеристики асимметрии и эксцесса месячных сумм осадков.

Нарушение симметричности распределения вероятностей называется скошенностью, или асимметрией. В симметричном распределении число наблюдений выше среднего одинаково с числом наблюдений ниже среднего. Коэффициент асимметрии определяется отношением третьего центрального момента к кубу среднего квадратического отклонения.

Для кривых распределения осадков характерна положительная асимметрия, слева ограниченная нулем, справа – бесконечностью. Предельные значения справа определяются типом климата. Для засушливого климата A_s часто бывает больше 2. Значения коэффициента асимметрии для рассмотренных станций, в основном, (см. табл. 2) более 0,5. Максимальное значение A_s отмечается в мае в Семипалатинске (5,2), минимальное в апреле в Катон-Карагае (0,2). На всех станциях наблюдается положительная асимметрия. Годовой ход для A_s всех станций различен, особые закономерности в годовом ходе уловить трудно.

Симметричное распределение вероятностей, сохраняя свою симметрию, может искажаться по сравнению с нормальной формой, имея непропорционально малое или большое число наблюдений в области лежащей вблизи среднего значения. Это искажение известно под названием «эксцесс».

Если E_x положителен, то распределение является островершинным, если отрицателен, то распределение плосковершинное. Для нормального распределения значения коэффициента асимметрии и эксцесса равны нулю. Анализ E_x показывает, что в апреле для Катон-Карагая, в июле – августе для Зайсана и в августе для Аягуза распределение плосковершинное, а в остальные месяцы – островершинное. В большинстве случаев значения коэффициента эксцесса довольно велики, т.е. $\geq \pm 0,5$.

Весьма важным для дальнейших статистических исследований и разработки расчетных методов прогноза осадков является использование однородных рядов. Гипотеза однородности проверялась для двух рядов: с 1889 по 2000 гг. и с 1970 по 2000 гг. Для проверки однородности по среднему использовался критерий Стьюдента.

При оценке проверяется нулевая гипотеза о том, что разница между средними статистически незначима, т. е. равна нулю, и они принадлежат к одной генеральной совокупности.

Из результатов сравнения двух выборок следует, что на всех станциях ряды однородны по среднему, за исключением Аягуза в январе, феврале и декабре.

Кроме исследования однородности по среднему проводились исследования однородности рядов месячных сумм осадков и по дисперсии. Эта оценка проверяется с помощью критерия Фишера.

При проверке нулевой гипотезы сравнение вычисленных значений критерия Фишера с критическими, показало, что для большинства стан-

ций ряды оказались однородными и по дисперсии, за исключением января, июня для Зайсана и февраля для станции Бахты. В эти месяцы ряды по дисперсии оказались неоднородными. Выполнение гипотезы однородности по среднему и по дисперсии позволяет сжимать необходимую информацию и использовать ее для дальнейших расчетов и прогнозов.

В синоптической практике долгосрочных прогнозов погоды используются обычно следующие градации осадков: "около нормы" (80...120 % от среднего многолетнего значения), "ниже нормы" (менее 80 % от среднего многолетнего значения), "выше нормы" (более 120 % от среднего многолетнего значения). По этим градациям осадки прогнозируют и по ним же оценивают.

Для не засушливых районов, к примеру, центра России, такой подход является обоснованным, так как повторяемость этих градаций для достаточно обеспеченных осадками регионов почти одинакова.

Но в Средней Азии и Казахстане такая пропорция не соблюдается. Из-за высокой повторяемости градации "ниже нормы", особенно в теплое полугодие, повторяемость градации "около нормы" мала. В некоторые месяцы она уменьшается до 5 или 0 %. Как указано в [4], полное отсутствие осадков в Туркестане в июле достигает вероятности 64%, в Кызыл-Орде в августе - 58%, в Балхаше в августе - 40%. На некоторых станциях в некоторые годы летом осадков вообще не выпадает, но в то же время в другие годы за счет ливневых осадков может выпасть достаточное их количество. А по общепринятой классификации размер градации "около нормы" бывает небольшим, и из-за узости этой градации летом в некоторых районах Казахстана необходимо прогнозировать осадки либо "ниже нормы", либо "выше нормы".

Все это приводит к резкому понижению оценки прогнозов. Если часто прогнозировать норму, то оценки прогноза из-за перечисленных особенностей климата могут быть на 20...25 % ниже, чем в не засушливых районах. Поэтому лучше использовать объективную классификацию, которую можно получить либо с помощью графиков эмпирических функций распределения, либо с помощью расчета по формулам процентилей для границ между равновероятными классами. Вероятность попадания осадков в классы "ниже нормы", "норма" и "выше нормы" составляет 33,3 %.

В работе были получены объективные классификации, но не для каждой станции, а для осредненных по площади осадков для севера и

центра бывшей Семипалатинской области и бывшей Восточно-Казахстанской области.

Н.И. Ефремовой [2, 3] доказано, что для целей долгосрочного прогноза погоды предпочтительнее использовать осредненные по площади осадки, вместо точечных. Ею отмечены следующие преимущества осредненных по площади осадков по сравнению с осадками отдельных станций:

1. корреляция осредненных по площади осадков убывает с расстоянием медленнее, чем осадков на отдельных станциях, что позволяет увеличивать радиус корреляции и выявить крупномасштабные связи этого элемента;
2. кривые распределения осредненных осадков ближе к нормальным, что дает возможность применять при расчетах различные статистические методы обработки данных;
3. для расчета месячных норм осредненных осадков с заданной точностью можно использовать ряды в 1,5...1,8 раза короче, чем ряды осадков по точечным данным;
4. применение осредненных осадков приводит к уменьшению числа пропусков данных.

Для территории Восточно-Казахстанской области приводилось осреднение по семи станциям (Лениногорск, Зыряновское, Курчум, Буран, Большенарымское, Зайсан, Катон-Карагай), а затем для этих рядов приводилась объективная классификация (см. табл. 3). Для классификации по бывшей Семипалатинской области использовались данные ГГО [2].

Таблица 3

Объективная оценка месячных сумм осадков, осредненных по территории (мм)

| Область | Градация осадков | Месяц | | | | | | |
|-------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Восточно-Казахстанская | Ниже нормы | ≤27 | ≤30 | ≤37 | ≤40 | ≤25 | ≤26 | ≤29 |
| | Норма | 28-39 | 31-56 | 38-54 | 41-60 | 26-50 | 27-39 | 30-40 |
| | Выше нормы | ≥40 | ≥57 | ≥55 | ≥61 | ≥51 | ≥40 | ≥41 |
| Семипалатинская (север) | Ниже нормы | ≤10 | ≤15 | ≤17 | ≤17 | ≤18 | ≤12 | ≤14 |
| | Норма | 11-23 | 16-29 | 18-24 | 18-35 | 19-33 | 13-23 | 15-25 |
| | Выше нормы | ≥24 | ≥30 | ≥25 | ≥36 | ≥34 | ≥24 | ≥26 |
| Семипалатинская (центр) | Ниже нормы | ≤21 | ≤20 | ≤23 | ≤28 | ≤13 | ≤12 | ≤19 |
| | Норма | 22-31 | 21-41 | 24-46 | 29-50 | 14-30 | 13-23 | 20-38 |
| | Выше нормы | ≥32 | ≥42 | ≥47 | ≥51 | ≥31 | ≥24 | ≥39 |

Эта классификация может быть использована для решения задач климатологии, долгосрочных прогнозов погоды, а также при оценке оправдываемости некоторых численных и физико-статистических схем прогноза месячных сумм осадков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байдал М.Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебания климата Казахстана. Часть I, II. – Л.: Гидрометеиздат. 1964г. – С. 293, 295.
2. Ефремова Н.И. О точности оценки ежегодных значений месячных сумм осадков, осредненных для больших площадей // Тр. ГГО, 1971. – Вып. 274. – С. 88-102.
3. Ефремова Н.И. Месячные количества атмосферных осадков для районов Европейской территории СССР и Северного Казахстана. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 112 с.
4. Климат Казахстана. / Под ред. Утешева А.С. Л.: Гидрометеиздат. – 1959. – 367 с.
5. Педь Д.А., Попов А.В. Распределение аномалии месячного количества осадков при различных разновидностях зональной циркуляции атмосферы / Тр. Гидрометцентра СССР. – 1981. Вып. 237. С. 57-79.

РГП “Казгидромет”

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЖАУЫН-ШАШЫННЫҢ СТАТИСТИКАЛЫҚ МІНЕЗДЕМЕЛЕРІ МЕН КЛАССИФИКАЦИЯСЫ

Физ-мат. ғылымд. канд.

Е.В. Боголюбова

М.Т. Құсаинова

Бұл мақалада Шығыс Қазақстанда байқалатын жауын-шашынның статистикалық мінездемелері берілген. Стюдент және Фишер критериялар арқылы ұзын және қысқа қатарлар біртектілігі тексерілді. 1970...2000 жылдардағы мәліметтер анықталған және процентиль тендеу бойынша жауын-шашынның классификациясы жүргізілген.

УДК 556.552.3(282.255.5)

ВОДНЫЙ БАЛАНС ОЗЕРА БАЛХАШ

Канд. геогр. наук

И.И. Скоцеляс

Канд. геогр. наук

В.П. Попова

Т.Г. Горкунова

Изложена методика расчета годового водного баланса озера Балхаш и его отдельных частей. Приведены результаты годового водного баланса для оз. Балхаш за условно-естественный период (1937...1969 гг.) и за период со значительным влиянием хозяйственной деятельности (1970...2000 гг.) и дан его анализ.

Озеро Балхаш - крупный бессточный водоем Казахстана, расположенный на стыке Центрального и Юго-Восточного регионов республики. При отметке уровня воды в нем 342 м его длина 614 км, средняя ширина 30 км, средняя глубина 5,8 м. Площадь водосбора 413 км². Часть этой площади находится в пределах Китайской Народной Республики.

Озеро состоит из Западного и Восточного Балхаша, разделенных узким проливом Узунарал. В Западный Балхаш впадает р. Или - самая крупная из всех водотоков, достигающих водоема. Притоками Восточного Балхаша являются реки Каратал, Лепсы, Аксу и Аягуз.

Предшествующие исследования [1, 10] показали, что основной причиной нарушения естественного водного баланса оз. Балхаш является создание Капшагайского водохранилища. Влияние водохранилища особенно отчетливо проявилось в уменьшении притока поверхностных вод в Западный Балхаш и относительном росте потерь воды в дельте р. Или по сравнению с условно-естественным периодом, что обусловило резкое понижение уровня воды в озере и значительное ухудшение экологической обстановки. Это, в частности, отмечено в работах [1, 7, 8, 9].

Из приведенного краткого обзора предшествующих исследований водных балансов озера и основных его частей следует:

- периоды, за которые производились расчеты водных балансов, и использовавшиеся методики разные, вследствие чего результаты исследований иногда существенно отличаются;

- в большинстве работ помещены только средние балансы за рассматриваемые периоды;

- совсем отсутствуют оценки ежегодных водных балансов за последние полтора десятка лет;

- на водный баланс озера сильно повлияло увеличение антропогенных нагрузок на водные ресурсы в бассейне и особенно создание Капшагайского водохранилища.

Принятая методика расчета водного баланса

Для расчетов ежегодных водных балансов оз. Балхаш и его основных частей приняты следующие уравнения:

$$V_{пов.} + V_{подз.} + V_x + V_u + V_\phi = \Delta W, \quad (1)$$

$$V_{пов.З} + V_{подз.З} + V_{x.З} + V_{u.З} + V_{\phi.З} - Y = \Delta W_З, \quad (2)$$

$$V_{пов.В} + V_{подз.В} + V_{x.В} + V_{u.В} + V_{\phi.В} - Y = \Delta W_В, \quad (3)$$

где $V_{пов.}$ - приток поверхностных вод в озеро, км³/год; $V_{подз.}$ - приток подземных вод в озеро, км³/год; V_x - атмосферные осадки, выпавшие на водное зеркало, км³/год; V_u - испарение с водной поверхности, км³/год; V_ϕ - отток воды (фильтрация) в берега, км³/год; ΔW - изменение объема воды в озере за год, км³/год; Y - воднобалансовый переток воды из Западного Балхаша в Восточный, км³/год; $З, В$ - индексы, означающие, что составляющие относятся соответственно к уравнениям для Западного и Восточного Балхаша.

Расчеты водных балансов в соответствии с уравнениями (1) - (3) производились за период 1937...2000 годы. Это связано с тем, что за указанный период имеется наиболее полная необходимая информация. Данный период охватывает как годы (1937...1969), относящиеся к условно-естественным условиям, так и годы (1970...2000) со значительными антропогенными нагрузками на водные ресурсы и нарушенными вследствие этого водными балансами озера и его основных частей.

Приток поверхностных вод в Западный Балхаш в зависимости от наличия или отсутствия данных наблюдений в нижней части дельты р. Или определялся двумя способами. По первому способу он принимался равным суммарному наблюдававшемуся стоку по протокам Ир, Или, Шу-

бар-Кунан и Нарын, достигающим оз. Балхаш. При этом дополнительно учитывался также сток, осуществлявшийся и о другим протокам, для чего использовалась формула

$$Q_p^n = 0,186 Q_p' \exp(0,023 Q_p') - Q_{ш}, \quad (4)$$

где Q_p^n - неучитываемый измерениями месячный русловой сток на выходе из дельты, м³/с; Q_p' - суммарный месячный сток по упомянутым основным протокам, м³/с; $Q_{ш}$ - месячный сток по протоке Шубар-Кунан в 1,5 км выше устья, м³/с.

Формула (4) получена по стоку в годы с достаточно полным его учетом, а применялась, когда информация по второстепенным протокам отсутствовала.

Второй способ использовался для определения притока поверхностных вод в Западный Балхаш в следующих случаях:

- если измерения стока на протоках Ир, Или, Шубар-Кунан и Нарын не производились;
- если такие измерения были, но в них имели место пропуски, которые с достаточной точностью восстановить оказалось невозможным.

В этих случаях приток поверхностных вод рассчитывался по уравнению

$$V_{\text{пов.з}} = V - P, \quad (5)$$

где V - объем стока р. Или в урочище Капшагай, км³/год; P - изменение (потери) стока на участке уроч. Капшагай - оз. Балхаш, км³/год.

Объем стока р. Или в урочище Капшагай определялся по данным наблюдений Гидрометслужбы на посту р. Или - уроч. Капшагай (37 км ниже раб. пос. Или), а изменение стока на указанном участке - по формуле (6).

$$P = 2,5(1,92 - 1,2C_v) \cdot (0,15V - 1,03) \cdot [1 + \exp(3,75H_n - 9,95)]^{-1} \cdot k, \quad (6)$$

где P - потери р. Или на участке уроч. Капшагай - оз. Балхаш, км³/год; C_v - коэффициент вариации среднемесячных расходов воды р. Или в уроч. Капшагай; V - годовой объем стока р. Или в уроч. Капшагай, км³/год; H_n - уровень воды над нулем графика на начало года в оз. Балхаш, м; k - коэффициент, учитывающий степень уменьшения водоотдачи по мере истощения запасов воды в дельте р. Или.

При определении параметров формулы (1) принималось также во внимание, что сток в нижней части дельты действовавшими постами в

указанное выше время не всегда учитывался полностью и что внутри дельты, в том числе на выходе из нее, время от времени происходит перераспределение стока по протокам. Подробнее этот вопрос рассмотрен в работах [1, 10].

Приток поверхностных вод в Восточный Балхаш получен по данным наблюдений на постах р. Каратал - с. Раздольное, р. Лепсы - подхоз Лепсы, р. Аксу - центр. база свх Кызылтан (МТФ подхоза Лепсы), р. Аягуз - пос. Каратас. За отдельные годы использовались также данные экспедиционных исследований, проводившихся Ленгидепом и Государственным гидрологическим институтом (ГГИ).

При отсутствии наблюдений на перечисленных постах сток на них определялся по следующим эмпирическим формулам:

$$Q_{раз} = 0,727Q_{уш} + 16,1, \quad (7)$$

$$Q_{к} = 0,42Q_{л} + 0,46, \quad (8)$$

$$Q_{к} = 0,36Q_{л} + 2, \quad (9)$$

$$Q_{кар} = 1,635Q_{т} - 2,62, \quad (10)$$

где $Q_{раз}$, $Q_{уш}$, $Q_{к}$, $Q_{л}$, $Q_{кар}$, $Q_{т}$ - соответственно средние годовые

расходы воды р. Каратал у с. Раздольное, р. Каратал у г. Уштобе, р. Аксу у центр. базы свх Кызылтан (МТФ подхоза Лепсы), р. Лепсы у подхоза Лепсы, р. Аягуз у пос. Каратас, р. Каракол у с. Таскелен.

При определении стока рек Аксу и Аягуз учтен разбор воды на орошение. При этом сток р. Аксу до 1940 года рассчитывался по формуле (8), за 1958...1961 годы - по формуле (9), а за 1967...1980 годы - путем осреднения средних годовых расходов у МТФ подхоза Лепсы и на посту экспедиции ГГИ за 1981 год. Сток р. Аягуз у пос. Каратас до 1961 года восстановлен по формуле (10), за 1967-1979 годы - по связи с расходами воды на посту р. Аягуз - г. Аягуз, скорректированной по данным экспедиционных наблюдений ГГИ в 1980-1982 годах. Поступление воды по обеим рекам в 1983...1985 годах в связи с полным разбором ее на орошение принято равным нулю. Кроме того, из-за неимения какой-либо информации по этим рекам считалось, что его не было и в 1986...1997 годах.

За 1991, 1994...1997 годы в связи с отсутствием данных наблюдений на р. Каратал у с. Раздольное и у г. Уштобе ее сток принимался по

наблюдениям в уроч. Наймансуек, хотя из [8] известно, что в этом створе он несколько больше, чем у с. Раздольное.

Большие трудности возникли также с определением притока поверхностных вод в Восточный Балхаш в 1998...2000 годах. Это связано с тем, что в указанные годы измерения стока на восточных реках не производились ни на одном из упомянутых выше постов. Приближенно он рассчитан по выражению

$$V_{\text{пов.В}} = 0,36V_{\text{кв}} - 2,2, \quad (11)$$

где $V_{\text{кв}}$ - восстановленный объем стока р. Или в уроч. Капшагай, км³/год.

Выражение (11) получено по данным наблюдений за условно-естественный период. Поэтому для восстановления объема стока $V_{\text{кв}}$ использованы данные по посту р. Или - в 164 км выше ГЭС с учетом среднего бокового притока на участке Капшагайского водохранилища за 1965-1970 годы, составлявшего 31,4 м³/с [12].

Подземный приток в Балхаш, а также подземный отток из озера принимались основываясь на результатах исследования, проводившегося Институтом гидрогеологии и гидрофизики Академии наук Казахской ССР [3]. При этом были сделаны округления, после которых приток в водоем в целом и в его восточную часть получился 0,01 км³/год, в Западный Балхаш - равным нулю. Отток при отметках уровня воды выше 341 м соответственно составил 0,45, 0,07, 0,38 км³/год, а при отметках ниже 341 м - 0,22, 0,19 и 0,03 км³/год.

Атмосферные осадки, выпадавшие на зеркало озера определялись по формулам, полученным с помощью метода оптимальной линейной интерполяции [11] и имеющим следующий вид:

$$X_B = X_1^* = 0,629X_A + 0,357X_{AK} - 2, \quad (12)$$

$$X_3 = 0,479 \cdot X_2^* + 0,521 \cdot X_3^*, \quad (13)$$

где X_B - слой атмосферных осадков, выпадающих за год на зеркало Восточного Балхаша, мм; X_1^* - слой атмосферных осадков в центре тяжести Восточного Балхаша, мм; X_A - годовая сумма атмосферных осадков по наблюдениям на метеорологической станции Алгазы, мм; X_{AK} - то же по станции Актогай; X_3 - слой атмосферных осадков, выпадающих за год на зеркало Западного Балхаша, мм; X_2^* - слой атмосферных осадков в цен-

тре тяжести южной части Западного Балхаша, мм; X_3^* - то же в северной части Западного Балхаша.

Слой осадков в южной и северной частях Западного Балхаша рассчитывались по формулам

$$X_2^* = 0,565X_K + 0,467X_C - 9, \quad (14)$$

$$X_3^* = 0,578X_B + 0,308X_C + 16, \quad (15)$$

где X_K - годовая сумма атмосферных осадков по наблюдениям на метеорологической станции Куйган, мм; X_C - то же по станции Сарышаган; X_B - то же по станции ОГМО Балхаш, мм.

До 1962 года из-за отсутствия наблюдений на станциях Актогай и Сарышаган для определения осадков в центрах тяжести использовались полученные тем же способом формулы

$$X_1^* = 0,852X_A + 35, \quad (16)$$

$$X_2^* = 0,708X_K + 41, \quad (17)$$

$$X_3^* = 0,666X_B + 49, \quad (18)$$

За 1948, 1959 и 1974 годы, когда не было наблюдений на станции ОГМО Балхаш, расчет слоя осадков для Западного Балхаша производился по формуле

$$X_3 = 0,93X_2^* + 49. \quad (19)$$

При расчетах слоев атмосферных осадков по приведенным формулам в данные наблюдений на метеорологических станциях вводились поправки смачивание, испарение и ветровой недоучет, определявшиеся по методике ГГО-КазНИИ [2]. Слой осадков для озера в целом вычислялся как средневзвешенный из X_3 и X_B с учетом долей площадей Западного и Восточного Балхаша в общей площади водоема.

Испарение с водной поверхности рассчитывалось по температуре поверхности воды, определявшейся методом теплового баланса. Для этого использовались программное средство, разработанное в КазНИИМОСК на основе упоминавшейся в предыдущем разделе двухслойной модели испарения, и данные наблюдений на прибрежных метеорологических станциях. Список метеорологических станций и весовые коэффициенты, применявшиеся при осреднении результатов расчетов для акваторий Западного и Восточного Балхаша, приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Весовые коэффициенты, использовавшиеся для оценки среднего слоя испарения с Западного Балхаша

| Количество одновременно работавших станций | Метеорологическая станция | | | | |
|--|---------------------------|-------------|---------|-----------|---------------------|
| | Куйган | ОГМО Балхаш | Чиганак | Сарышаган | Южный берег Балхаша |
| 4 | 0,305 | 0,264 | 0,162 | | 0,269 |
| 4 | 0,278 | 0,249 | 0,146 | 0,327 | |
| 3 | 0,401 | 0,341 | 0,258 | | |
| 3 | 0,322 | 0,279 | | 0,399 | |
| 3 | 0,396 | | 0,252 | | 0,352 |
| 3 | 0,354 | 0,312 | | | 0,324 |
| 2 | 0,548 | 0,452 | | | |

Таблица 2

Весовые коэффициенты, использовавшиеся для оценки среднего слоя испарения с Восточного Балхаша

| Количество одновременно работавших станций | Метеорологическая станция | | | | | |
|--|---------------------------|-----------|---------------------|--------|-----------|---------|
| | ОГМО Балхаш | Сарышаган | Южный берег Балхаша | Алгазы | Бурлютобе | Актогай |
| 4 | 0,094 | | 0,215 | 0,341 | 0,350 | |
| 3 | 0,194 | | 0,287 | 0,519 | | |
| 3 | 0,158 | | | 0,435 | 0,407 | |
| 3 | 0,213 | | | 0,564 | | 0,223 |
| 2 | 0,280 | | | 0,720 | | |
| 2 | | 0,324 | | 0,676 | | |

Фактические изменения объемов воды (W) за год определялись по уровням (H) на начало и конец каждого года путем интерполяции координат кривых $W = f(H)$. При этом уровни воды до 1970 года были заимствованы из работы В.В. Голубцова и А.Н. Жиркевича [4], за 1970...1983 годы получены как средние по постам г. Балхаш, ж.-д. ст. Чиганак, о-в Алгазы и зал. Карашаган с предварительным осреднением по каждому из них за период 27.12...05.01. Таким способом исключено влияние сгонно-нагонных явлений на колебания уровней.

В 1984 году пост в зал. Карашаган закрыт, а наблюдения за уровнем воды у ж.-д. ст. Чиганак, начиная с этого года, производились с пере-

рывами из-за обмеления озера на примыкающем участке. Поэтому уровни воды за 1984...2000 годы определены тем же способом, но по постам г. Балхаш, о-в Алгазы и ж.-д. ст. Мынарал.

В 1998 году наблюдений за уровнем воды на озере не было, а в 1999 году на постах г. Балхаш и о-в Алгазы они осуществлялись только в апреле - декабре, на посту ж.-д. ст. Мынарал - в мае-декабре. В связи с этим уровни на конец 1997 года и на начало 1998 года приближенно приняты средними за пятидневку 27 - 31 декабря, на конец 1998 года и на начало 1999 года - средними за 01 - 05 января.

Средние годовые уровни озера в 1998 и 1999 годах восстановлены соответственно по следующим корреляционным связям:

$$H_{cp} = 0,99H_n + 0,02V_{пов} - 0,19, \quad (20)$$

$$H_{cp} = 0,994H_{5-11} + 0,014, \quad (21)$$

где H_{cp} - средний годовой уровень воды в оз. Балхаш над нулем графика, см; H_n - уровень воды в озере на начало года, см; $V_{пов}$ - приток поверхностных вод в озеро, км³/год; H_{5-11} - средний уровень по постам г. Балхаш, о-в Алгазы и ж.-д. ст. Мынарал за май - ноябрь, см.

Воднобалансовый переток воды рассчитывался по методике, предложенной В.Д. Красовым [6]. Она основана на совместном решении уравнений водного баланса Западного и Восточного Балхаша. В удобном для расчетов виде полученное выражение можно представить как

$$Y = k_1(V_{пов.З} + V_{подз.З}) - k_2(V_{пов.В} + V_{подз.В}) - k_1k_2F\Delta(E - X), \quad (22)$$

где Y - воднобалансовый переток воды, км³/год; k_1 и k_2 - соответственно отношения площадей Западного и Восточного Балхаша к общей площади озера F ; $V_{пов.З}$ и $V_{подз.З}$ - приток поверхностных и подземных вод в западную часть, км³/год; $V_{пов.В}$ и $V_{подз.В}$ - тоже для восточной части; $\Delta(E - X)$ - разность видимого испарения (испарения за вычетом атмосферных осадков) с поверхностей Западного и Восточного Балхаша, км³/год.

При этом разность видимого испарения $\Delta(E - X)$ с поверхностей Западного и Восточного Балхаша принималась переменной, по результатам расчетов E и X для обеих частей озера.

В изложенной методике учтены наиболее обоснованные предложения по определению основных составляющих водного баланса оз. Балхаш. Поэтому в целом ее также можно считать достаточно обоснованной.

Результаты расчета водного баланса и их анализ

Результаты расчетов годовых водных балансов оз. Балхаш представлены в табл. 3 - 4, в том числе в табл. 3 за условно-естественный период (до создания Капшагайского водохранилища), в табл. 4 за период со значительным влиянием хозяйственной деятельности (после создания Капшагайского водохранилища).

В указанных таблицах для каждого года приведена невязка баланса δ . Анализ невязок показал, что для оз. Балхаш водные балансы 75 % лет рассчитаны с $\delta < \pm 1,9$. Средние невязки за 1937...1969 годы составили $0,32 \text{ км}^3/\text{год}$, а за 1970...2000 годы равны $0,59 \text{ км}^3/\text{год}$.

Несколько большие средние погрешности рассчитанных водных балансов за 1970...2000 годы связаны, по-видимому, с недостаточно надежным учетом хозяйственного использования стока рек и неточностями восстановления уровней воды в озере в годы, когда водомерные наблюдения не производились или были неполными.

Эффективность использованной методики можно оценить по отношению средней квадратической погрешности (S) рассчитанных изменений объема воды ΔW_p к среднему квадратическому отклонению (σ) фактического изменения объема воды ΔW_{ϕ} . Для оз. Балхаш за весь рассматривавшийся период $S/\sigma = 0,46$, а для западной и восточной частей соответственно 0,44 и 0,46. Коэффициент корреляции (r) между ΔW_{ϕ} и ΔW_p для озера в целом 0,90. Для Западного Балхаша $r = 0,91$, для Восточного - 0,89. Значения этих критериев позволяют считать, что методика достаточно надежна и эффективна.

В течение 1937...1969 годов, относящихся к условно-естественному периоду, основные составляющие водного баланса оз. Балхаш изменялись в следующих пределах: $11,01...22,32 \text{ км}^3/\text{год}$ - приток поверхностных вод; $2,38...4,88 \text{ км}^3/\text{год}$ - объем выпавших осадков; $14,30...21,01 \text{ км}^3/\text{год}$ - объем испарившейся воды. Для Западного Балхаша эти пределы были соответственно $8,82...17,01$, $1,47...2,80$, $8,35...12,81 \text{ км}^3/\text{год}$, для Восточного Балхаша - $1,63...5,31$, $1,13...2,43$, $5,95...8,63 \text{ км}^3/\text{год}$. Результирующий переток воды из Западного в Восточный Балхаш находился в диапазоне $1,72...3,99 \text{ км}^3/\text{год}$. При этом средние за расчетный период значения перечисленных составляющих водных балансов

составили: приток 14,98, осадки 3,60, испарение 17,74 км³/год - для озера в целом; приток 11,74, осадки 1,96, испарение 10,26 км³/год - для Западного Балхаша; приток 3,24, осадки 1,64, испарение 7,48 км³/год для Восточного Балхаша; воднобалансовый переток воды 2,87 км³/год.

Таблица 3

Водный баланс оз. Балхаш за 1937...1969 годы, км³

| Год | Приход | | | | Расход | | | ΔW_{ϕ} | ΔW_p | δ |
|---------|------------------|---------------------|-------|-------|--------|----------------|-------|-------------------|--------------|----------|
| | $V_{\text{поя}}$ | $V_{\text{осадки}}$ | V_e | всего | V_u | $V_{\text{в}}$ | всего | | | |
| 1937 | 14,93 | 0,01 | 4,28 | 19,22 | 16,32 | 0,45 | 16,77 | 0,00 | 2,45 | -2,45 |
| 1938 | 11,01 | 0,01 | 3,22 | 14,24 | 17,52 | 0,45 | 17,97 | -8,31 | -3,73 | -4,58 |
| 1939 | 13,84 | 0,01 | 2,94 | 16,79 | 17,77 | 0,45 | 18,22 | -0,97 | -1,43 | 0,44 |
| 1940 | 12,92 | 0,01 | 3,79 | 16,72 | 17,74 | 0,45 | 18,19 | 0,16 | -1,47 | 1,63 |
| 1941 | 17,42 | 0,01 | 3,61 | 21,04 | 17,33 | 0,45 | 17,78 | 3,33 | 3,26 | 0,07 |
| 1942 | 17,10 | 0,01 | 3,84 | 20,95 | 16,92 | 0,45 | 17,37 | 4,38 | 3,58 | 0,80 |
| 1943 | 11,13 | 0,01 | 3,70 | 14,84 | 17,26 | 0,45 | 17,71 | -3,32 | -2,87 | -0,45 |
| 1944 | 12,63 | 0,01 | 2,38 | 15,02 | 17,74 | 0,45 | 18,19 | -5,51 | -3,17 | -2,34 |
| 1945 | 11,92 | 0,01 | 2,78 | 14,71 | 16,59 | 0,22 | 16,81 | -3,86 | -2,11 | -1,75 |
| 1946 | 15,43 | 0,01 | 3,47 | 18,91 | 14,30 | 0,22 | 14,52 | 3,24 | 4,38 | -1,16 |
| 1947 | 13,26 | 0,01 | 2,75 | 16,02 | 16,06 | 0,45 | 16,51 | 0,77 | -0,45 | 0,19 |
| 1948 | 12,82 | 0,01 | 2,76 | 15,59 | 17,06 | 0,45 | 17,51 | -0,30 | -1,92 | 1,62 |
| 1949 | 14,54 | 0,01 | 3,60 | 18,15 | 15,31 | 0,45 | 15,76 | 1,43 | 2,39 | -0,96 |
| 1950 | 14,17 | 0,01 | 3,02 | 17,20 | 16,57 | 0,45 | 17,02 | 0,00 | 0,18 | -0,18 |
| 1951 | 12,03 | 0,01 | 3,56 | 15,60 | 16,57 | 0,45 | 17,02 | -0,97 | -1,42 | 0,45 |
| 1952 | 16,42 | 0,01 | 3,63 | 20,06 | 16,05 | 0,45 | 16,50 | 2,43 | 3,56 | -1,13 |
| 1953 | 14,22 | 0,01 | 4,56 | 18,79 | 16,74 | 0,45 | 17,19 | 2,77 | 1,60 | 1,17 |
| 1954 | 16,65 | 0,01 | 3,63 | 20,29 | 16,11 | 0,45 | 16,56 | 6,49 | 3,73 | 2,76 |
| 1955 | 14,66 | 0,01 | 2,74 | 17,41 | 17,99 | 0,45 | 18,44 | 2,99 | -1,03 | 4,02 |
| 1956 | 16,03 | 0,01 | 3,02 | 19,06 | 18,89 | 0,45 | 19,34 | 3,02 | 0,28 | 2,74 |
| 1957 | 11,12 | 0,01 | 3,76 | 14,89 | 17,91 | 0,45 | 18,36 | -3,20 | -3,47 | 0,27 |
| 1958 | 17,97 | 0,01 | 5,03 | 23,01 | 16,42 | 0,45 | 16,87 | 8,59 | 6,14 | 2,45 |
| 1959 | 20,76 | 0,01 | 3,94 | 24,71 | 18,40 | 0,45 | 18,85 | 6,93 | 5,86 | 1,07 |
| 1960 | 22,32 | 0,01 | 4,05 | 26,38 | 18,02 | 0,45 | 18,47 | 6,73 | 7,91 | -1,18 |
| 1961 | 15,72 | 0,01 | 3,23 | 18,96 | 19,78 | 0,45 | 20,23 | -2,30 | -1,27 | -1,03 |
| 1962 | 13,43 | 0,01 | 4,72 | 18,16 | 20,55 | 0,44 | 21,00 | -2,89 | -2,84 | -0,05 |
| 1963 | 14,43 | 0,01 | 4,06 | 18,50 | 19,80 | 0,45 | 20,25 | -1,35 | -1,75 | 0,40 |
| 1964 | 17,91 | 0,01 | 3,48 | 21,40 | 19,14 | 0,45 | 19,59 | 3,47 | 1,81 | 1,66 |
| 1965 | 12,57 | 0,01 | 3,45 | 16,03 | 20,38 | 0,45 | 20,83 | -4,05 | -4,80 | 0,75 |
| 1966 | 17,45 | 0,01 | 4,88 | 22,34 | 21,01 | 0,45 | 21,46 | 2,50 | 0,88 | 1,62 |
| 1967 | 13,80 | 0,01 | 3,49 | 17,30 | 18,68 | 0,45 | 19,13 | -1,92 | -1,83 | -0,09 |
| 1968 | 12,57 | 0,01 | 3,69 | 16,27 | 19,72 | 0,45 | 20,17 | -3,08 | -3,90 | 0,82 |
| 1969 | 21,31 | 0,01 | 3,64 | 24,96 | 18,70 | 0,45 | 19,15 | 6,74 | 5,81 | 0,93 |
| Среднее | 14,98 | 0,01 | 3,60 | 18,59 | 17,74 | 0,44 | 18,18 | 0,73 | 0,41 | 0,32 |

Таблица 4

Водный баланс оз. Балхаш за 1970...2000 годы, км³

| Год | Приход | | | | Расход | | | ΔW_{ϕ} | ΔW_p | δ |
|---------|-----------|------------|---------|-------|--------|------------|-------|-------------------|--------------|----------|
| | $V_{лов}$ | $V_{подз}$ | $V_{г}$ | всего | V_u | V_{ϕ} | всего | | | |
| 1970 | 13,96 | 0,01 | 3,64 | 17,61 | 19,46 | 0,45 | 19,91 | -3,85 | -2,30 | -1,55 |
| 1971 | 15,82 | 0,01 | 3,92 | 19,75 | 20,04 | 0,45 | 20,49 | -1,93 | -0,74 | -1,19 |
| 1972 | 13,61 | 0,01 | 4,45 | 18,07 | 17,76 | 0,45 | 18,21 | -1,15 | -0,14 | -1,01 |
| 1973 | 15,15 | 0,01 | 3,90 | 19,06 | 19,27 | 0,45 | 19,72 | -0,77 | -0,66 | -0,11 |
| 1974 | 11,87 | 0,01 | 2,97 | 14,85 | 19,15 | 0,45 | 19,60 | -5,77 | -4,75 | -1,02 |
| 1975 | 11,27 | 0,01 | 2,61 | 13,89 | 18,98 | 0,45 | 19,43 | -5,72 | -5,54 | -0,18 |
| 1976 | 10,26 | 0,01 | 4,25 | 14,52 | 17,29 | 0,45 | 17,74 | -2,99 | -3,22 | 0,23 |
| 1977 | 11,10 | 0,01 | 3,05 | 14,16 | 18,39 | 0,45 | 18,84 | -2,47 | -4,68 | 2,21 |
| 1978 | 9,76 | 0,01 | 4,41 | 14,18 | 17,58 | 0,45 | 18,03 | -3,50 | -3,85 | 0,35 |
| 1979 | 11,42 | 0,01 | 3,58 | 15,01 | 16,12 | 0,45 | 16,57 | 0,18 | -1,56 | 1,74 |
| 1980 | 12,25 | 0,01 | 2,90 | 15,16 | 17,78 | 0,45 | 18,23 | -1,06 | -3,07 | 2,01 |
| 1981 | 12,52 | 0,01 | 3,60 | 16,13 | 16,85 | 0,45 | 17,30 | 0,53 | -1,17 | 1,70 |
| 1982 | 10,07 | 0,01 | 2,41 | 12,49 | 17,16 | 0,45 | 17,61 | -2,10 | -5,12 | 3,02 |
| 1983 | 9,69 | 0,01 | 3,29 | 12,99 | 17,73 | 0,45 | 18,18 | -3,58 | -5,19 | 1,61 |
| 1984 | 10,15 | 0,01 | 2,39 | 12,55 | 16,74 | 0,22 | 16,96 | -3,86 | -4,41 | 0,55 |
| 1985 | 10,94 | 0,01 | 2,90 | 13,85 | 16,12 | 0,22 | 16,34 | -1,24 | -2,49 | 1,25 |
| 1986 | 10,23 | 0,01 | 3,12 | 13,36 | 15,61 | 0,22 | 15,83 | -2,49 | -2,47 | -0,02 |
| 1987 | 15,22 | 0,01 | 3,54 | 18,77 | 15,05 | 0,22 | 15,27 | 2,80 | 3,50 | -0,70 |
| 1988 | 19,46 | 0,01 | 4,62 | 24,09 | 15,59 | 0,45 | 16,04 | 8,56 | 8,05 | 0,51 |
| 1989 | 14,64 | 0,01 | 3,10 | 17,75 | 16,69 | 0,45 | 17,14 | 0,88 | 0,61 | 0,27 |
| 1990 | 15,01 | 0,01 | 3,78 | 18,80 | 17,57 | 0,45 | 18,02 | 0,34 | 0,78 | -0,44 |
| 1991 | 11,48 | 0,01 | 2,35 | 13,84 | 17,09 | 0,45 | 17,54 | -3,71 | -3,70 | -0,04 |
| 1992 | 10,79 | 0,01 | 2,82 | 13,62 | 15,21 | 0,45 | 15,66 | -2,21 | -2,04 | -0,17 |
| 1993 | 13,38 | 0,01 | 4,74 | 18,13 | 14,67 | 0,45 | 15,12 | 1,89 | 3,01 | -1,12 |
| 1994 | 14,95 | 0,01 | 3,06 | 18,02 | 16,49 | 0,45 | 16,94 | 4,21 | 1,08 | 3,13 |
| 1995 | 10,85 | 0,01 | 2,12 | 12,98 | 16,94 | 0,45 | 17,39 | -3,89 | -4,41 | 0,52 |
| 1996 | 10,82 | 0,01 | 2,46 | 13,29 | 15,69 | 0,45 | 16,14 | -0,97 | -2,85 | 1,88 |
| 1997 | 11,14 | 0,01 | 2,67 | 13,82 | 17,08 | 0,45 | 17,53 | -0,62 | -3,71 | 3,09 |
| 1998 | 15,36 | 0,01 | 3,50 | 18,87 | 15,62 | 0,45 | 16,07 | 2,24 | 2,80 | -0,56 |
| 1999 | 17,30 | 0,01 | 3,40 | 20,71 | 16,07 | 0,45 | 16,52 | 4,46 | 4,19 | 0,27 |
| 2000 | 14,63 | 0,01 | 2,97 | 17,61 | 17,31 | 0,45 | 17,76 | 1,93 | -0,15 | 2,08 |
| Среднее | 12,75 | 0,01 | 3,31 | 16,07 | 17,07 | 0,42 | 17,49 | -0,83 | -1,42 | 0,59 |

В основном результаты расчетов водного баланса оз. Балхаш и его основных частей за 1937...1969 годы хорошо согласуются с приведенными в

работе [5]. Некоторые из имеющихся различий в оценке годовых значений притока поверхностных вод и испарения с водной поверхности связаны с уточнением методики расчета потерь стока р. Или на участке уроч. Капшагай - оз. Балхаш и переходных коэффициентов, использовавшихся в модели А.П. Браславского при определении скорости ветра над водоемом.

Несколько больше, чем в [5], для многих лет и в среднем за период получились значения воднобалансового перетока воды. В отдельные годы, наоборот, этот переток по новой оценке оказался меньше. Иногда разница за счет детального учета $\Delta(E - X)$ достигала $\pm 0,30 \dots 0,50$, а в 1966 году даже $0,79 \text{ км}^3/\text{год}$.

В 1970...2000 годы основные составляющие водного баланса оз. Балхаш изменялись в следующих пределах: $9,69 \dots 16,98 \text{ км}^3/\text{год}$ - приток поверхностных вод; $2,12 \dots 4,74 \text{ км}^3/\text{год}$ - объем выпавших осадков; $14,67 \dots 20,04 \text{ км}^3/\text{год}$ - объем испарившейся воды. Для Западного Балхаша эти пределы были соответственно $8,16 \dots 14,64$, $1,23 \dots 2,81$, $8,46 \dots 11,89 \text{ км}^3/\text{год}$, для Восточного Балхаша - $1,53 \dots 4,82$, $0,79 \dots 2,06$, $6,21 \dots 8,15 \text{ км}^3/\text{год}$. Результирующий переток воды из Западного в Восточный Балхаш находился в диапазоне $1,42 \dots 4,10 \text{ км}^3/\text{год}$.

Средний приток поверхностных вод в озеро за 1970...2000 годы составлял $12,75 \text{ км}^3/\text{год}$. Атмосферные осадки были равны $3,31 \text{ км}^3/\text{год}$. Испарение оказалось $17,07 \text{ км}^3/\text{год}$. Для Западного Балхаша $V_{пов.з} = 9,91$, $V_{х.з} = 1,90$, $V_{и.з} = 9,86 \text{ км}^3/\text{год}$, для Восточного Балхаша $V_{пов.в} = 2,84$, $V_{х.в} = 1,41$, $V_{и.в} = 7,21 \text{ км}^3/\text{год}$. Воднобалансовый переток воды из западной в восточную часть озера составил $2,44 \text{ км}^3/\text{год}$.

На рис. 1 приведено сопоставление фактического и восстановленного притока поверхностных вод в оз. Балхаш при условии отсутствия Капшагайского водохранилища, а на рис. 2 - фактического и восстановленного объемов годового стока р. Или в уроч. Капшагай. На этих рисунках видно, что как на годовой сток р. Или в нижнем течении, так и на приток воды в озеро на протяжении большинства лет, начиная с 1970 года, значительное влияние оказывало Капшагайское водохранилище. Только во второй половине 90-х годов 20 века сток р. Или в уроч. Капшагай и приток поверхностных вод в Балхаш оказались достаточно близкими к восстановленным их значениям.

Вследствие влияния Капшагайского водохранилища на приток поверхностных вод к озеру значительно изменялись также соотношения

между приходной и расходной частями годовых водных балансов, причем в 1970...1987 годах, как правило, вторая преобладала над первой. В конечном итоге это отразилось на изменении уровня воды в водоеме.

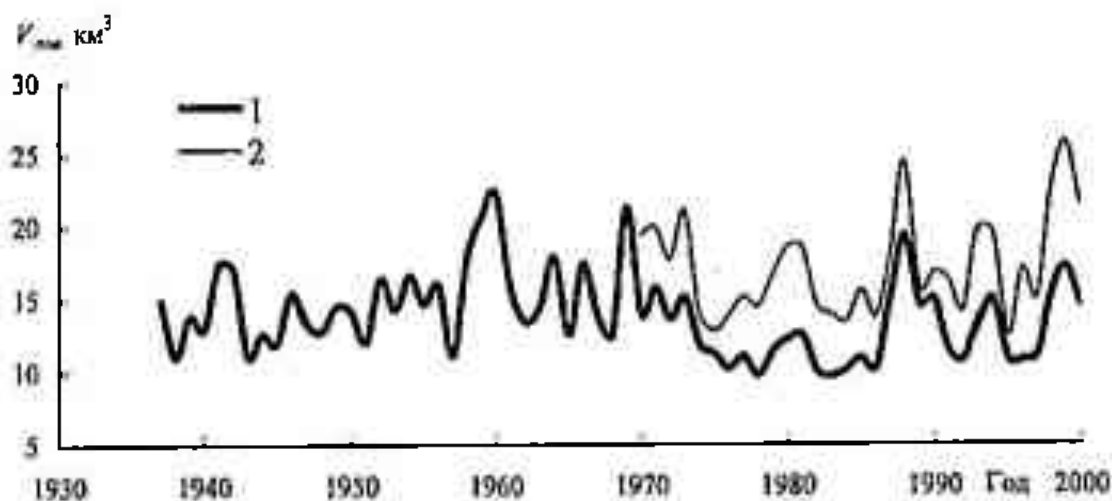


Рис. 1. Изменение фактического (1) и восстановленного (2) притока поверхностных вод в оз. Балхаш.

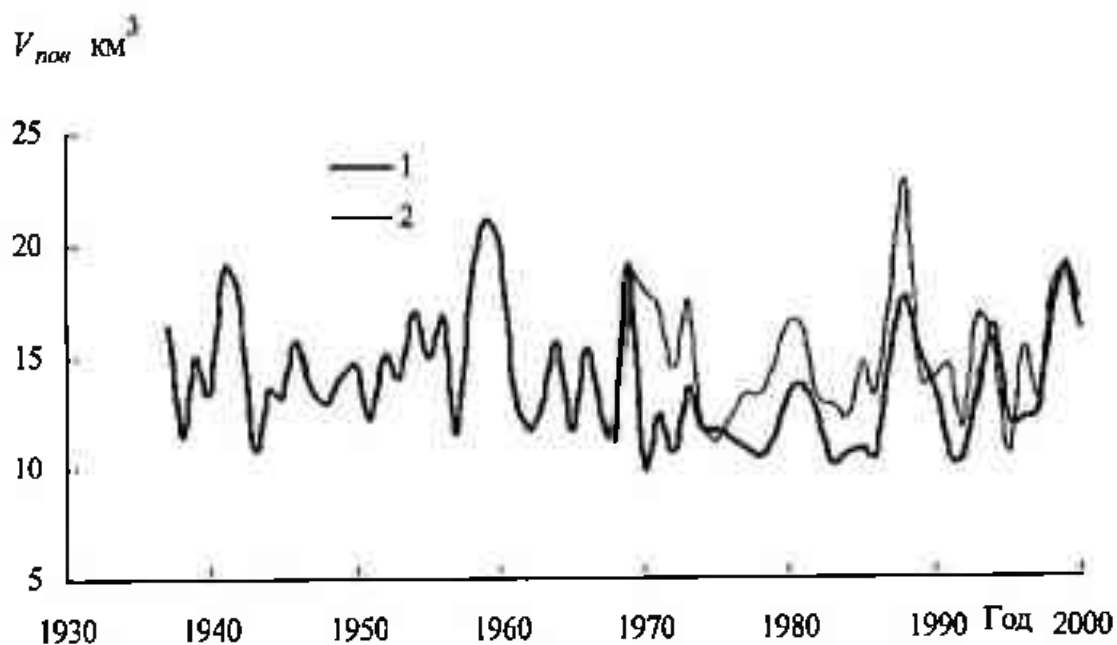


Рис. 2. Изменение фактического (1) и восстановленного (2) объема годового стока р. Или в уроч. Капшагай

На рис. 3 показан ход наблюдавшего уровня воды Балхаша на начало года за период 1937...2000 годы и восстановленные его колебания при условии отсутствия Капшагайского водохранилища.

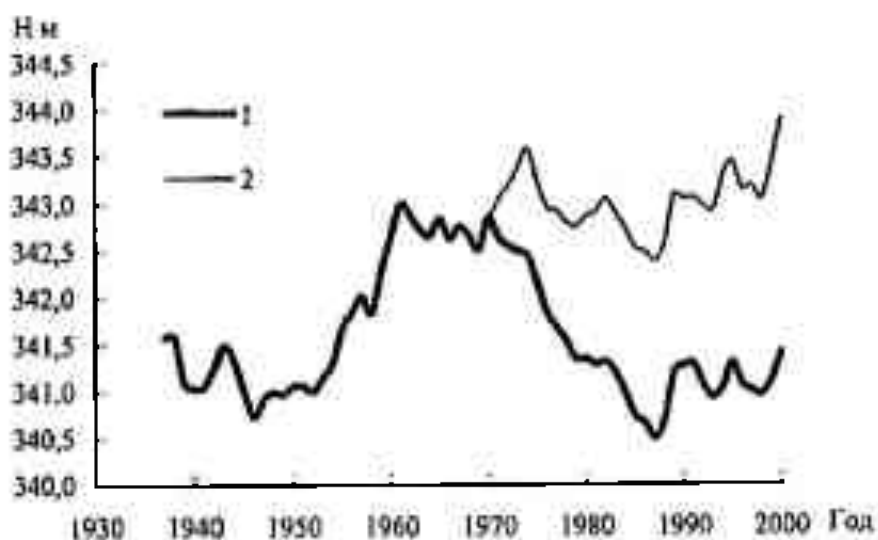


Рис. 3. Изменение фактического (1) и восстановленного(2) уровня воды оз. Балхаш.

В условно-естественный период на 1937...1952 годы пришлось окончание фазы понижения, на 1953...1961 годы - устойчивое повышение, на 1962...1970 годы - стабилизация уровня в диапазоне 342,51...342,89 м. В период существования Капшагайского водохранилища в 1970...1987 годах наблюдалось устойчивое понижение уровня с отметки 342,86 до 340,50 м, в 1989 году он превысил отметку 341 м и с тех пор, за исключением 1993 и 1998 годов, не опускался ниже ее, достигнув в начале 2000 года 341,42 м. В случае отсутствия Капшагайского водохранилища уровень Балхаша в 1970...2000 годах, как видно на рис. 3, находился бы намного выше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья. - СПб: Гидрометеоиздат, 1995. -269.
2. Браславский А.П., Чистяева С.П. Расчет испарения с поверхности оз. Балхаш по усовершенствованной методике // Тр. КазНИГМИ. - 1978. - Вып. 68. - С. 3-43.
3. Гидрологические и водохозяйственные аспекты Или-Балхашской проблемы. - Л.: Гидрометеоиздат, 1989. - 310 с.
4. Голубцов В. В., Жиркевич А. Н. Водный баланс озера Балхаш и динамика его элементов в естественных условиях и при проведении в бассейне водохозяйственных мероприятий // Тр. КазНИГМИ. - 1973. - Вып. 50. - С. 153-177.
5. Джусупбеков Д.К. Вероятностный прогноз колебаний уровня и минерализации воды оз. Балхаш / Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук. - Алматы, 2002. - 29 с.

6. Красов В.Д. Прогноз режима Капчагайского водохранилища с учетом изменения водного баланса и уровня озера Балхаш // Тр. ГГИ. - 1974. - Вып. 220. - С. 17-32.
7. Остроумова Л.П. Водный баланс оз. Балхаш и влияние на него климатических и антропогенных факторов / Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук. - М., 1991. - 22 с.
8. Скоцеляс И.И., Остроумова Л.П., Жиркевич А.Н. Современное состояние и перспективы изменения водного и солевого баланса оз. Балхаш // Тр. V Всесоюз. гидрол. съезда. - 1990. - Т. 4. - С. 206-214.
9. Скоцеляс И.И. Уточнение водного баланса оз. Балхаш и динамики его основных элементов // Тр. КазНИГМИ. - 1989. - Вып. 104. - С. 47-65.
10. Скоцеляс И.И. Влияние ресурсов и использования поверхностных вод на состояние озера Балхаш // Международный экологический форум Балхаш 2000.- Алматы: Комплекс, 2000. - Вып. 1. - С. 170-173.
11. Скоцеляс И.И. Определение атмосферных осадков, выпадающих на поверхность оз. Балхаш // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1987. - Вып. 97. - С. 34-44.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

БАЛХАШ КӨЛІНІҢ СУ БАЛАНСЫ

Геогр. ғылымд. канд.

И.И. Скоцеляс

Геогр. ғылымд. канд.

В.П. Попова

Т.Г. Горкунова

Балхаш көлі мен оның жеке бөліктерінің жылдық су балансын есептеу әдістемесі суреттелген. Балхаш көлінің шартты табиғи кезеңдегі (1937... 1969 жж.) және шаруашылық қызметтің ерекше ықпалы кезеңіндегі (1970...2000 жж.) жылдық су балансы нәтижелері келтіріліп, оларға талдау жасалған.

УДК 551.506.2:551.506.51(574)

О ЛЕДОВОМ ПОКРОВЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Канд. техн. наук

С.П. Шиварёва

Е.И. Васенина

Л.М. Соколова

В статье рассмотрен ледовый режим казахстанской части Северного и Среднего Каспия за 1981...2001 гг. Представляет определенный интерес оценка ледообразования у побережья моря по продолжительности фаз ледового режима, числу дней со льдом и припаем в нормальные (средние по ледовитости) и экстремальные зимы, а также критерии суровости зим, определённые по зависимости площади льда от суммы отрицательных температур воздуха.

Каспийское море омывает западную границу Казахстана, территории Атырауской и Мангистауской областей. В пределах республики находятся восточные части Северного и Среднего Каспия, различающиеся по рельефу дна и гидрологическим особенностям. Условная граница между Северным и Средним Каспием проходит по линии о. Чечень - м. Тюб-Караган. Северный Каспий, несмотря на свою обширную площадь (80 тыс. км²), из-за мелководности занимает всего 1 % общего объёма воды, заполняющей Каспийскую впадину [4]. Восточная часть Северного Каспия является полузамкнутым, почти изолированным водоёмом, наиболее распространены глубины до 5м, берега низкие, равнинные, сильно изрезаны многочисленными заливами и озёрно-лагунными образованиями. Восточная часть Среднего Каспия – глубоководная (50...200м), с обрывистыми, абразионными берегами [2]. Здесь выделяется Казахский залив с бухтой Кендерли.

На Северном Каспии в суровые зимы устанавливается мощный, устойчивый труднопроходимый ледовый покров, отличающийся большой динамичностью. Он препятствует нормальному судоходству, способствует разрушению береговых гидротехнических сооружений. В прибрежных районах наиболее уязвимыми к воздействию льда оказываются мелкие суда рыболовецкого флота, осуществляющие осеннюю путину или подледный лов рыбы. Особо опасно раннее появление льда в годы с ранним и резким похолоданием (во второй половине октября), при штилевой пого-

де, на поверхности воды образуется тонкий прозрачный молодой лед – резун, толщиной 5...7 см. Под действием ветра поля резуна приходят в движение и как бритвой разрезают деревянные рыболовецкие суда. Дрейфующие льды создают серьёзную угрозу для судов, затрудняя их самостоятельное передвижение, а также угрожают морским нефтяным сооружениям. Не исключено отрицательное воздействие льда и в начале весенней пугины в годы интенсивного проникновения холодного арктического воздуха на акваторию Каспия в марте, что приводит к резкому переохлаждению водных масс. В каналах и фарватерах аварии судов чаще происходят при поперечных ветрах. Суда выжимаются дрейфующими ледяными полями на бровку и подвергаются сильному напору льда, что приводит к серьёзным авариям. Тяжёлая навигационная обстановка и опасные ледовые условия на Каспийском море складываются не только в суровые зимы, когда мощным неподвижным льдом покрывается как вся акватория Северного Каспия, так и восточное побережье Среднего Каспия, но и в умеренные зимы, когда толщина льда не превышает 10...15 см. В этом случае часто наблюдаются заторные явления, вызванные дрейфом льда вдоль границ припая на запад, что препятствует выносу речного льда. В результате образуются заторные перемычки мощностью 2...3 м, а в некоторых случаях лёд набивается до дна [1].

Значительное влияние ледового покрова, образующегося у берегов и в открытых районах Каспия, на работу различных отраслей хозяйственной деятельности, связанной с морем, диктует необходимость глубокого анализа ледовых условий.

Климатическая характеристика холодного полугодия

Климат восточной части Северного Каспия определяется особенностями географического положения региона, условиями атмосферной циркуляции, характером подстилающей поверхности и орографией берегов. Прилегающие прикаспийские степи и полупустыни также влияют на формирование климата этого района.

На климат прибрежных районов Каспийского моря влияют несколько типов воздушных масс: холодные арктические, влажные морские атлантические, сухие континентальные из Казахстана, тёплые тропические со Средиземного моря. Синоптические условия над акваторией Каспия формируются частой сменой воздушных масс. Резкие изменения атмосферного давления (10...20 гПа) наблюдаются при выходе глубокого циклона или при прохождении мощного антициклона [3].

В зимний период два крупных барических образования влияют на синоптические процессы в регионе - это центрально-азиатский максимум, один из гребней которого ориентирован на Каспий, и область низкого давления - исландский минимум.

Устойчивый переход температуры воздуха через 0 °С, являющийся критерием смены сезонов, характерен только для Северного Каспия, а для казахстанской части Среднего Каспия в качестве признака начала и конца зимы принята дата перехода среднесуточной температуры воздуха через 5 °С. На северном побережье устойчивый переход температуры воздуха через 0 °С осенью происходит, в среднем, во второй половине ноября, а в его центральных районах, в открытой части, этот переход обычно наблюдается в середине декабря. Зима на северо-востоке начинается в среднем 10 ноября ... 1 декабря, у п-ова Мангышлак - 10 ноября ... 2 декабря, а на побережье Среднего Каспия - 10...20 декабря. Продолжительность зимнего сезона уменьшается с севера на юг (от 5 месяцев до 1,5...2 месяцев). Наиболее холодный месяц для районов восточных мелководий - январь, а в открытом море - февраль, что характерно для морского климата. В январе многолетняя среднемесячная температура воздуха в восточной части Северного Каспия у побережья равна - 8 °С, увеличиваясь на западе до - 2 °С. У восточного побережья Среднего Каспия она составляет от - 0,5 до 0 °С.

Весна и осень имеют продолжительность 3...3,5 месяца, у северо-восточного побережья она для этих сезонов составляет 1,5...2,5 месяца. С марта по июль температура воздуха повышается равномерно. Осенью охлаждение воздуха происходит более интенсивно, чем прогрев, над сушей воздух охлаждается быстрее, чем над морем. В октябре среднемесячная температура воздуха в северо-восточной части моря составляет от 8 °С над взморьем р. Урал и до 13 °С в районе о. Кулалы. У восточного побережья Среднего Каспия она равна 14 °С.

Зимние месяцы отличаются наименьшими суточными изменениями температуры воздуха. В суточном ходе температуры воздуха наблюдается один максимум и один минимум. Максимум отмечается в 13...14 ч дня. Минимум суточной температуры воздуха у побережья зимой приходится на 6 ...7 ч утра, весной - 4 ...5 ч утра, осенью - на 5...6 ч утра. С удалением от берега в море минимум температуры наступает раньше и держится дольше. По среднесуточным данным показатель смены погоды - межсуточная изменчивость температуры воздуха зимой больше, чем летом [1].

Ледовый режим

Каспийское море относится к морям с сезонным ледовым покровом и отличается большой неоднородностью развития ледовых процессов из-за различных климатических условий в разных частях моря.

По характеру развития ледовых процессов казахстанская часть Каспийского моря подразделяется на несколько районов: акватория, находящаяся северо-восточнее о. Кулалы, ежегодно покрываемая устойчивым льдом с припаем, затрудняющим навигацию без проводки ледоколов; акватория, практически ежегодно покрываемая плавучим или неустойчивым неподвижным льдом, позволяющим поддерживать ледокольную навигацию; а также прибрежные районы, бухты и заливы восточного побережья Среднего Каспия, включая мелководный Казахский залив, где наблюдается образование местного льда или поступление из Северного Каспия более мощного плавучего льда. Каспийское море ежегодно замерзает только в мелководной северной части. Глубокие районы Среднего Каспия всегда свободны ото льда.

В зависимости от особенностей атмосферных процессов, развивающихся над морем, степени аномалий термических условий в предзимье и зимой, на Каспийском море формируется своеобразная для каждого года ледовая обстановка. Ледовый период в Каспийском море охватывает три естественно-синоптических сезона: осень (предзимье), с октября по декабрь; зиму - с января по март и весну - с конца марта по май.

В начальный период развития ледового покрова быстрое перемещение границы молодого льда, увеличение площади и толщины припая обуславливаются термическими факторами. Начало ледообразования (табл. 1) и границы распространения льдов определяются, главным образом, синоптическими процессами и, в некоторой степени, притоком тепла из средней части моря.

В холодные зимы первое появление льда происходит в крайней северо-восточной части моря в начале ноября. К концу ноября ледообразование быстро распространяется по акватории, охватывая северо-восточное побережье, включая взморье Волги и Урала. В первой декаде декабря лёд появляется во всех мелководных районах Северного Каспия, ограниченных трёхметровыми глубинами. К концу декабря ледообразование распространяется в более мористые районы, но здесь процесс протекает медленнее из-за больших глубин и подтока более тёплых вод. В это время лёд появляется на большой части Уральской бороздины, в районе архипелага

Тюленьих островов, вдоль западного побережья о. Кулалы, в Тюб-Караганском заливе, а также в некоторых бухтах и заливах восточного побережья Среднего Каспия.

Таблица 1

Сроки первого появления льда в казахстанской части Каспийского моря, 1981...2001 гг.

| Пункт | Даты начала ледообразования | | |
|------------------|-----------------------------|------------|---------|
| | ранняя | поздняя | средняя |
| Северный Каспий | | | |
| о. Пешной | 6.11.1988 | 25.01.1983 | 28.11 |
| о. Кулалы | 14.11.1993 | 28.01.2000 | 21.12 |
| Средний Каспий | | | |
| г. Форт-Шевченко | 3.12.1993 | 6.03.1983 | 20.01 |
| г. Актау | 28.11.1993 | 15.02.1984 | 19.01 |

В нормальные по термическим условиям предзимья процесс ледообразования в Северном Каспии начинается с мелководных прибрежных участков во второй половине ноября. К концу ноября неподвижным льдом покрывается все мелководье, ограниченное 3-х метровой изобатой, а с третьей декады декабря неподвижный лёд образуется у о. Кулалы. В январе ледяной покров появляется в открытом море, льдом покрывается южная часть Уральской бороздины и южные районы Северного Каспия. В тёплые зимы первый лёд может образоваться только в конце января на взморье р. Урал.

Ежегодно вдоль северо-восточного побережья образуется морской лёд, прикрепленный к берегу - припай (табл.2).

Таблица 2

Формирование устойчивого припая, 1981...2001 гг.

| Пункт | Даты установления устойчивого припая | | |
|------------------|--------------------------------------|------------|------------|
| | средняя | ранняя | поздняя |
| Северный Каспий | | | |
| о. Пешной | 3.12 | 14.11.1993 | 20.12.1981 |
| о. Кулалы | 22.01 | 1.12.1993 | 6.02.1985 |
| Средний Каспий | | | |
| г. Форт-Шевченко | 15.01 | 8.12.1993 | 17.02.1993 |
| г. Актау | не было | - | - |

Даже в очень мягкие зимы северные и северо-восточные берега Северного Каспия блокированы припаем и плавучим льдом. Площадь, занимаемая плавучим льдом, невелика. Обычно полоса плавучего льда ши-

риной 10...20 миль окаймляет границы припая [1]. Однако, на протяжении всего зимнего сезона льды неустойчивы. Молодой лед раннего ледообразования в октябре быстро разрушается с повышением температуры воздуха в периоды оттепелей, а также под действием ветра и волнения. Повторное образование более устойчивого ледового покрова происходит через 15...30 дней после первого очищения. В такие зимы ледовый покров в конце декабря охватывает почти все прибрежные и мористые районы Северного Каспия. В январе продолжается распространение ледового покрова в глубоководные районы моря, но интенсивность его приращения, по сравнению с декабрем, снижается. Отмеченное ослабление объясняется выходом процесса ледообразования на открытые участки моря, где он определяется не только контактным теплообменом на границе вода – воздух, но и влиянием более свободного внутриводного теплообмена с прогретыми глубинными водными массами Среднего Каспия.

В годы с кратковременными затоками холодного воздуха на акваторию моря и чередованием в течение предзимья и зимы волн холода и потеплений наблюдаются неоднократные появления и исчезновения льда, а, следовательно, и резкие колебания его площади. Примером ледовых сезонов с неустойчивым состоянием ледового покрова служат аномально теплые зимы 1997...98, 1998...99, 1999...2000, 2000...01 гг. Как правило, в такие годы площадь плавучего льда оказывается больше площади припая на протяжении всего ледового сезона [1]. Плавучий лёд наиболее распространён в марте-апреле при общем взломе припая. При вторжениях теплого воздуха дрейфующий лёд может частично таять, а в промежутке между датами первого появления льда и устойчивого ледообразования может исчезать полностью. При затоках холодного воздуха идёт усиленное ледообразование. В умеренные и мягкие зимы первый молодой лёд тает в первую же оттепель, затем образуется вновь и этот процесс может повторяться неоднократно: в умеренные зимы бывает 2...3 повторных замерзания, а в мягкие – от 4 до 10 раз и более.

Средняя многолетняя толщина льда в Северном Каспии изменяется от 25...30 до 60 см, в суровые зимы в отдельных районах она может достигать 130 см, а для наслоенных льдов её величина составляет 2...3 м [2]. Максимальная толщина льда обычно наблюдается в феврале, однако в зависимости от гидрометеорологических условий зимы в отдельные годы максимум смещается в сторону более ранних или поздних сроков. Вероятность ранних

максимумов не превышает 6,9...8,7 %. В тёплую зиму 2000...2001 гг. максимальная толщина льда, равная 23 см, наблюдалась у о. Пешной 10 декабря.

Во второй половине ледового сезона усиливается влияние на ледовый покров динамических факторов, обуславливающих взлом припая, сжатие и разрежение льда, а также процессы наслоения и торосообразования. В таких случаях нарушается связь площади льда с термическими условиями. Резкое уменьшение площадей припая и плавучего льда происходит даже при сильных морозах, сопровождаемых штормовыми ветрами, вследствие наслоений и образования торосов.

При среднемноголетних гидрометеорологических условиях со второй половины февраля начинается разрушение льда. Сначала освобождаются открытые районы северного Каспия, затем его северо-восток. В конце марта – начале апреля море окончательно освобождается ото льда (табл.3).

Таблица 3

Окончательное очищение моря ото льда, 1981...2001 гг.

| Пункт | Даты установления устойчивого припая | | |
|------------------|--------------------------------------|------------|------------|
| | средняя | ранняя | поздняя |
| Северный Каспий | | | |
| о. Пешной | 25.03 | 1.03.1999 | 5.04.1987 |
| о. Кулалы | 15.02 | 25.01.1995 | 1.04.1985 |
| Средний Каспий | | | |
| г. Форт-Шевченко | 27.02 | 6.02.1996 | 9.03.1994 |
| г. Актау | 19.02 | 18.02.1984 | 19.02.1994 |

Ледовитость Каспийского моря в различные по термическим условиям холодные полугодия определяется не только площадью и объемом образовавшегося льда, но и особенностями его развития: границами распространения ледового покрова, преобладанием тех или иных форм и возрастных видов льда, устойчивостью его распределения по акватории и сохранением во времени.

Площадь припая, как и общая площадь льда, характеризуется явно выраженной сезонной изменчивостью с максимумом в середине зимы. Закономерного распределения площади плавучего льда в течение ледового сезона не наблюдается. В умеренные зимы к концу декабря общая площадь льда составляет в среднем около 57 000 км², при этом 80...90 % ее занимает припай [1]. Временная изменчивость общей площади льда в течение ледового сезона (от начала ледообразования до максимального развития льда и периода разрушения) для характерных в ледовом отношении зим отражена на рис. 1.

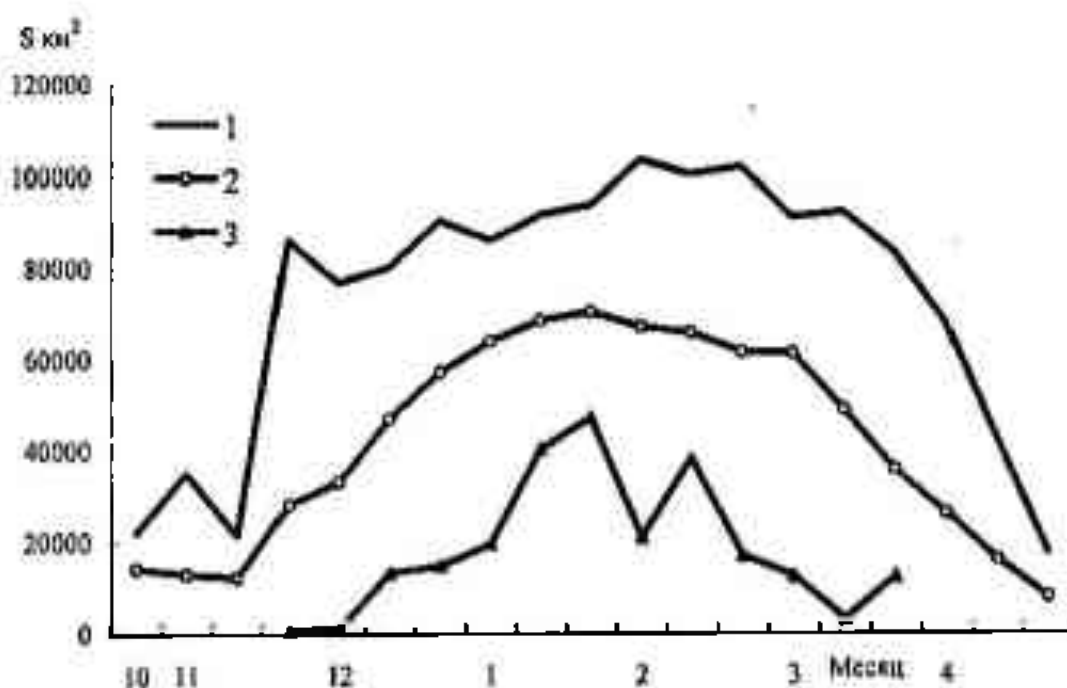


Рис. 1. Общая площадь льда в Северном Каспии за 1950-1985 гг.:

1 - максимальная; 2 - средняя; 3 - минимальная.

Характер ледовых условий каждой зимы, изменение общей площади льда в течение ледового сезона определяются действием двух факторов – термического и динамического. Существенные коррективы в состоянии ледового покрова вносит динамический фактор (ветер, волнение, течение). Под воздействием ветра совершается взлом неподвижного льда, в результате чего резко уменьшается площадь припая и увеличивается площадь плавучего льда. Преобладающим является термический фактор, обуславливающий в периоды резких или длительных похолоданий распространение процессов ледообразования по акватории моря, а также ослабление (в середине зимы) или разрушение (в конце зимы) ледового покрова при значительных и устойчивых оттепелях, увеличение площади и толщины припая.

Числовым показателем термических условий служит сумма градусо-суток мороза за холодное полугодие с октября по март. По данным табл. 4, включающей в себя общую площадь льда, заимствованную из [1], и сумму отрицательных температур воздуха, осреднённую по четырём метеостанциям Казгидромета (Ганюшкино, Пешной, Кулалы, Форт-Шевченко), была построена зависимость общей площади льда от этого показателя (рис. 2), которая оказалась явно выраженной ($R = 0,88$).

Общая площадь льда на Северном Каспии в зимы с малой и большой ледовитостью моря

| Зима | Сумма отрицательных температур воздуха, °С | Общая площадь льда, км ² |
|-----------|--|-------------------------------------|
| 1950...51 | -1037,4 | 97050 |
| 1953...54 | -1592,9 | 103573 |
| 1954...55 | -551,6 | 82185 |
| 1957...58 | -130,5 | 66340 |
| 1960...61 | -248,9 | 70580 |
| 1961...62 | -261,6 | 69790 |
| 1963...64 | -607,5 | 98660 |
| 1966...67 | -624,3 | 98650 |
| 1968...69 | -1079,6 | 99838 |
| 1971...72 | -926,3 | 95140 |
| 1974...75 | -306,8 | 72360 |
| 1976...77 | -728,4 | 91500 |
| 1980...81 | -241,4 | 69920 |
| 1982...83 | -259,2 | 73700 |

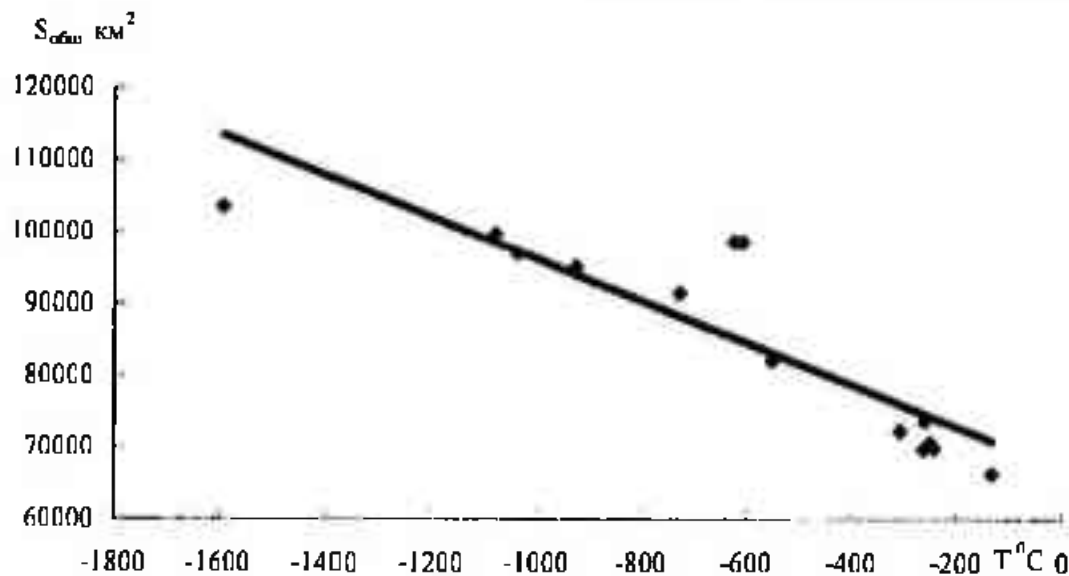


Рис. 2. Зависимость общей площади льда на Северном Каспии от суммы отрицательных температур воздуха.

Эта зависимость позволила найти критерии суровости зим по сумме отрицательных температур воздуха (табл. 5). Как показывает рис. 2, на тёплые зимы приходится сумма температур меньше минус 400 °С. В умеренные зимы сумма отрицательных температур больше минус 401 °С, но меньше минус 800 °С. В холодные зимы эта сумма превышает минус 801 °С.

Типы зим, 1990...2001 гг.

| Зима | Сумма отрицательных температур воздуха, °С | Общая площадь льда, км ² | Тип зимы |
|-----------|--|-------------------------------------|-----------|
| 1990...91 | -363 | 77662 | Тёплая |
| 1991...92 | -324 | 76528 | Тёплая |
| 1992...93 | -385 | 78303 | Тёплая |
| 1993...94 | -807 | 90582 | Холодная |
| 1994...95 | -280 | 75247 | Тёплая |
| 1995...96 | -452 | 80252 | Умеренная |
| 1996...97 | -395 | 78594 | Тёплая |
| 1997...98 | -217 | 73414 | Тёплая |
| 1998...99 | -212 | 73269 | Тёплая |
| 1999...00 | -116 | 70475 | Тёплая |
| 2000...01 | -196 | 72803 | Тёплая |

В табл.5 приведены величины общей площади льда (S), определённые по формуле, приведенной ниже, с учётом суммы отрицательных температур воздуха (x) для периода, когда отсутствовали наблюдения за площадью льда (1990...2001 гг.),

$$S = 29,098x + 67100.$$

Оказалось, что за этот период только одну зиму 1993...94 гг. можно характеризовать как холодную и одну – 1995...96 гг., как умеренную, а остальные зимы были теплыми. Имея долгосрочный прогноз температуры воздуха по указанным станциям, можно по вышеуказанной зависимости дать долгосрочный прогноз ледовитости Северного Каспия, что представляет практический интерес для специалистов, особенно в условиях плохой освещённости данными о ледовой ситуации на море.

По продолжительности фаз ледового периода, числу дней со льдом и с припаем в нормальные (средние по ледовитости) и экстремальные зимы (табл. 6) была сделана оценка ледовых условий у побережья моря.

В средние по суровости зимы ледовый покров в Северном Каспии сохраняется 3...4 месяца. В аномально холодные зимы (1984...85гг., 1993...94 гг.) ледовый сезон увеличивается до 4...6 месяцев, в аномально теплые зимы ледовый покров на большей части акватории Северного Каспия сохраняется менее 2...3 месяцев (1996...97 гг.).

У побережья Среднего Каспия в умеренные зимы местный лед наблюдается около месяца. В аномально холодные зимы лёд сохраняется 2...3 месяца и более. В теплые зимы ледовый период длится не более месяца.

Таблица 6

Многолетние характеристики продолжительности ледовых явлений

| Продолжительность ледового периода, сутки | | | Число дней со льдом | | | Число дней с припаем | | |
|---|-------|------|---------------------|-------|------|----------------------|-------|------|
| сред. | макс. | мин. | сред. | макс. | мин. | сред. | макс. | мин. |
| о. Пешной | | | | | | | | |
| 139 | 202 | 76 | 125 | 178 | 76 | 111 | 150 | 0 |
| о. Кулалы | | | | | | | | |
| 94 | 151 | 3 | 67 | 132 | 3 | 34 | 132 | 2 |
| г. Форт-Шевченко | | | | | | | | |
| 72 | 120 | 0 | 60 | 118 | 0 | 44 | 113 | 0 |
| г. Актау | | | | | | | | |
| 34 | 83 | 0 | 16 | 41 | 0 | 5 | 34 | 0 |

Число дней со льдом несколько меньше продолжительности ледового периода при любом типе ледового сезона. Число дней с припаем в Северном Каспии не превышает 3...5 месяцев, к югу оно последовательно уменьшается. В экстремально холодные зимы припай может сохраняться до 4...5 месяцев. В аномально теплые зимы припай наблюдается лишь на мелководной северо-восточной части Северного Каспия не более 2...4 месяцев.

Существование льдов в северной части Каспийского моря в течение почти полугода значительно сказывается на его гидрологических условиях. Кромка льда служит определённой фронтальной зоной, для которой характерна резкая горизонтальная изменчивость гидрометеорологических характеристик. В прикромочной зоне мелководного Северного Каспия и в районе "свала глубин" поверхностные воды охлаждаются вплоть до температуры замерзания, что значительно увеличивает их плотность. В результате конвективного перемешивания эти воды высокой плотности достигают дна на северном склоне северо-каспийской впадины и начинают сползать по склону, усиливая зимнюю циркуляцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрология и гидрохимия морей, Т.IV. Каспийское море, вып. 1. Гидрометеорологические условия. –СПб: Гидрометеониздат. – 1992. – 359с.
2. Добровольский А.Д., Залогин. Б.С. Моря СССР. – Москва: Изд-во МГУ, 1982.- С. 18-31.
3. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы погоды. – Л.: Гидрометеониздат, 1960. – 270 с.

4. Каспийское море / Под ред. А.Д. Добровольского, А.Н. Косарева, О.Е. Леонтьева.– Москва: Изд-во МГУ, 1969. – 263с.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП “Казгидромет”

КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ МҰЗ ЖАМЫЛҒЫСЫ ТУРАЛЫ

Техн. ғылымд. канд.

С..П. Шиварева

Е..И. Васенина

Л..М. Соколова

Мақалада Солтүстік және Орта Каспийдің қазақстандық бөлігінің 1981...2001 жж аралығындағы мұздану тәртібі қарастырылған. Теңіз жағалауы маңындағы мұздың пайда болуын мұздану тәртібі кезеңдерінің ұзақтығы, дұрыс (мұздануы бойынша орташа) және экстремалды қыстардағы мұзды және мұздың жағалауға қабысуы күндерінің саны, бойынша бағалау, сонымен қатар мұз ауданының төменгі ауа температураларына байланысы бойынша анықталған қыстың қатулығы өлшемдері қызығушылық тудырады.

УДК 556.54:556.537

О ВЗАИМОВЛИЯНИИ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ДЕЛЬТЫ р. ИЛИ И КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ВОДЫ ОЗЕРА БАЛХАШ

Доктор геогр. наук

С.А. Абдрасилов

Доктор геогр. наук

М.Х. Сарсенбаев

В статье рассмотрены вопросы, связанные с взаимовлиянием динамики развития дельты р. Или и колебаний уровня оз. Балхаш. Показано, что многовековые колебания уровня оз. Балхаш нередко приводили к образованию новых дельт с сильно развитой гидрографической сетью, а внутривековые – к образованию небольших дельтовых систем.

Дельта р. Или является единственной сохранившейся дельтой республики, продолжающей выполнять функцию геоэкологического буфера между рекой и приемным водоемом. Она формируется и развивается циклично и стадийно. С одной стороны, процессы, происходящие в дельте оказывает непосредственное влияние на величину притока в оз. Балхаш, тем самым влияют на колебания уровня приемного водоема. С другой стороны, крупномасштабные циклические колебания уровня озера, обусловленные климатическими факторами, существенно влияют на распределение и перераспределение стока между отдельными дельтовыми системами, а также способствуют образованию новой дельты с развитой гидрографической сетью. В этой связи представляет большой интерес исследование влияния ритмов циклического колебания уровня оз. Балхаш на формирование и перестройку дельты р. Или.

Уровни оз. Балхаш, также как и уровни внутриконтинентальных водоемов аридной зоны, подвержены значительным вековым и многовековым колебаниям в соответствии с изменениями климата. Многолетними исследованиями А.В. Шнитникова [7-8] и др. авторов установлено, что в течение исторического периода за последние 3000-4000 лет на территории полуаридной и аридной зон климат не подвергся одностороннему изменению, а испытывал лишь циклические колебания.

Ритмы этих колебаний следующие: короткопериодные многолетние – 3...7 лет; внутривековые – 20...60 лет; вековые – 60...200 лет; многовековые – 1800...1900 лет [2, 4-5].

Следует ожидать, что аналогичные колебания имели место в «жизни» оз. Балхаш. К сожалению, нет данных инструментальных наблюдений за ходом уровня Балхаша за продолжительный период. Имеются более-менее достоверные данные лишь для среднегодового уровня озера, начиная с 19 столетия. За более длительный период данные об экстремальных уровнях оз. Балхаш установлены весьма приблизительно, косвенным путем.

Согласно исследованиям Р.Д. Курдина [6], наивысшие отметки уровней озера достигали за исторический период: в 13 – 15 столетии (348,5 м – многовековой максимум); в первой половине 8 века (346,0 м – высокий вековой максимум) и в 1908...1910 годах (344,7 м – вековой максимум). Наинизшие отметки имели место: в 5 – 8 столетиях (335,5 м – многовековой минимум); в 1840 г. (338,0 – вековой минимум). Общая амплитуда колебаний уровней оз. Балхаш за исторический период по этой оценке ориентировочно достигает 8...13 м.

Анализ литературных источников по истории формирования дельты р. Или даёт следующие результаты: с 1735 по 1785 гг. «баканасы» отмерли [3] и образовалась современная Илийская дельта; образование Топарской системы приходится на конец 19 столетия [1], самая молодая Жиделинская дельтовая система образовалась в 1908...1910 гг.

В табл. приведены данные о циклических колебаниях среднегодового уровня оз. Балхаш и об изменениях в дельте р. Или, из которой следует, что между указанными величинами прослеживается тесная связь. На трансгрессивные периоды (точнее, на конец периода) приходится сроки образования новых дельт или дельтовых систем, а на регрессивные периоды – развитие и перестройка гидрографической сети этих систем. Причем сроки образования новых дельт приходится на периоды очень высокого стояния уровня озера. Образование Баканасской дельты приходится на 13 – 15 столетия, когда наблюдался многовековой максимум с отметкой 348,5 м. БС; Илийская дельта образовалась в период стояния высокого векового максимума с отметкой 346,0 м. БС. При достижении векового максимума (1908...1910 гг.) образовалась Жиделинская дельтовая система. Современную дельту, начиная с 1953 г., правильно было бы назвать не Илийской, а Жиделинской дельтой, так как с этого периода около 90% стока р. Или проходит по этой системе.

Влияние циклических колебаний уровня оз. Балхаш на формирование, развитие и перестройку дельты р. Или

| Фазы циклических колебаний | Период, год | Уровень озера, м БС | Изменения в дельте р. Или |
|----------------------------|---------------------------|---------------------|--|
| Многовековой минимум | 5...8 столетие | (335,5) | Древняя дельта исчезла, озеро разделились на два плеса |
| Многовековой максимум | 13...15 столетие | (348,5) | Произошла крупная перестройка в Баканасской дельте |
| Высокий вековой максимум | I половина 18 столетия | (346,0) | Образовалась Илийская дельта |
| Вековой минимум | 1840 | 338,0 | Развитие Илийской дельты |
| Внутривековой максимум | 1850...1852 | 343,0 | Образовалась Топарская дельтовая система |
| Внутривековой минимум | 1884...1885 | 340,52 | Развитие Топарской дельтовой системы |
| Вековой максимум | 1908...1910 | 344,7 | Образовалась Жиделийская дельтовая система |
| Внутривековой минимум | 1946 | 340,7 | Бурное развитие Жиделийской дельтовой системы |
| Внутривековой максимум | 1961 | 343,0 | Отмирание Илийской дельты и перехват основного стока р. Или протокой Когалы |
| Вековой минимум | Конец 20 - начало 21 века | | Исчезает большинство озерных систем, современная дельта окончательно деградирует |
| Вековой максимум | I половина 21 века | (343,0) | Образуется новая дельта |

Таким образом, приходим к выводу о том, что многовековые колебания уровня оз. Балхаш приводили к образованию новых дельт с сильно развитой гидрографической сетью, а внутривековые – к образованию небольших дельтовых систем, типа современной Топарской, или происходила крупная перестройка внутри существующей дельтовой системы. Например, наступление внутривекового максимума 1961...1970 гг. привело к резкой активизации протоки Когалы, и в настоящее время основной сток р. Или проходит по этой протоке.

Теперь рассмотрим влияние динамики дельты р. Или на колебания уровня Балхаша. Сравнение ритмов крупномасштабных циклических колебаний уровней озер Балхаш и Алаколь, находящихся в одинаковых физико-географических условиях показали, что в течение 19...20 столетий на оз. Алаколь, как и на оз. Балхаш, имели место четыре максимума и три минимума стояния уровня воды, соответствующие двум полным циклам от минимума до минимума. Продолжительность циклов, определяемая по времени наступления минимумов, для обоих озер одинаковая и колебалась в пределах 42...65 лет. При этом максимум внутривековых циклов среднегодовых уровней воды на оз. Алаколь наступает на 7...9 лет позже, чем на Балхаше, а сроки наступления минимальных уровней совпадают. В этой связи продолжительность фазы подъема среднегодовых уровней оз. Балхаш значительно короче (для оз. Алаколь она равна 21...32 года, а для Балхаша – 12...15 лет), а фаза спада несколько больше (для оз. Алаколь – 25...33 лет, для Балхаша 30...35 лет) [4].

Отсюда можно заключить, что на оз. Балхаш трансгрессивная фаза крупномасштабных колебаний его уровня прерывается на более ранней стадии, чем на оз. Алаколь, хотя они находятся в сходных физико-географических условиях. Причиной является наличие огромной дельты р. Или, площадь которой равна почти половине площади оз. Балхаш, тогда как основные реки и протоки, впадающие в оз. Алаколь (их около 15), не имеют сколько-нибудь больших дельт.

Приведенные выше результаты получены на основании анализа материалов косвенных наблюдений. Такой анализ выполнен из-за отсутствия данных инструментальных исследований за достаточно длительной период, охватывающих несколько циклов крупномасштабных циклических колебаний уровня озера. Инструментальные наблюдения за стоком р. Или (измерения проводятся с 1911 г.) и уровнем оз. Балхаш (с 1934 г.) начаты сравнительно недавно. Эти материалы позволили составить уравнение водного баланса оз. Балхаш с 1911 по 1969 гг., который охватывает один внутривековой цикл крупномасштабных колебаний уровня озера, а также несколько стадий развития Жиделийской дельтовой системы (от зарождения до сосредоточения стока в ограниченном числе проток).

В уравнение водного баланса озера включили суммарный сток рек без учета потерь в дельте р. Или (V_{np}), испарение с поверхности озера ($V_{ис}$), атмосферные осадки на водную поверхность ($V_{ос}$), среднемноголетнюю потерю стока в дельте ($\overline{V_{нд}}$), изменение потерь стока в дельте ($\Delta V_{нд}$) и изменение запасов воды в озере (ΔU).

Тогда уравнение водного баланса озера за многолетний период запишется в виде:

$$V_{oc} - V_{np} + V_{oc} - \overline{V_{n,d}} = \pm \Delta V. \quad (1)$$

Для оценки влияния фазы развития дельты и климатических факторов на колебания уровня озера и на потерю стока в дельте р. Или уравнение водного баланса оз. Балхаш для годового интервала времени выглядит следующим образом:

$$V_{np} - V_{uc} + V_{oc} - \overline{V_{n,d}} \pm \Delta V_{n,d} = \pm \Delta V. \quad (2)$$

Обозначив через

$$V_{кл} = V_{np} - V_{uc} + V_{oc} - \overline{V_{n,d}}, \quad (3)$$

имеем

$$V_{кл} \pm \Delta V_{n,d} = \pm \Delta V, \quad (4)$$

или в слоях воды

$$H_{кл} \pm H_d = H_\phi, \quad (5)$$

где $H_{кл}$ – учитывает влияние климатических факторов на величину среднегодового уровня воды в озере; H_d – учитывает влияние на колебания уровня приемного водоема дельтовой фазы; H_ϕ – учитывает суммарное влияние климатических факторов и динамики развития дельты.

Данные расчетов показывают, что влияние H_d и $H_{кл}$ на колебания уровня Балхаша в различные этапы развития дельты проявляются по-разному. Например, на начальной стадии образования Жиделийской дельтовой системы с 1911 по 1920 гг. влияние динамики дельты ($H_d = 43$ см) на снижение уровня озера значительно меньше, чем климатических факторов ($H_{кл} = 136$ см). Затем, начиная с 1922 г. вклад H_d резко возрастает и в течение 3 лет (1923...1925 гг.) $H_d = H_{кл}$. По-видимому, здесь определенную роль сыграл катастрофический паводок 1921 г., после чего резко активизировалась вновь образованная Жиделийская система. Примерно одинаковое соотношение между H_d и $H_{кл}$ сохраняется с 1935 по 1943 гг., в это время потери стока в дельте были в два раза выше среднемноголетнего значения. После 1946 г. резко уменьшился вклад H_d на колебания уровня Балхаша. Так, отношение H_d к $H_{кл}$ с 124 % (1942 г.) уменьшилось до 44 % (1956 г.), т.е. в 2,8 раза. 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. Резкое уменьшение потерь стока в периоды 1915...1920 гг., 1923...1927 гг., 1942...1945 гг. и их увеличение 1965...1969 гг. является следствием влияния климатических факторов.

В заключении статьи отметим, что процессы, происходящие в дельте р. Или и оз. Балхаш, взаимосвязаны и взаимообусловлены. Так, крупномас-

штабные циклические колебания фонового уровня озера иногда прерывают естественный ход развития существующей дельты и приводят к образованию новой дельты, тем самым сокращая продолжительность дельтового цикла. Динамика дельты, в свою очередь, влияет как на амплитуду, так и на длительность цикла колебаний уровня приемного водоема. В частности, начавшаяся фаза дельтового цикла срезает пик максимальной ординаты уровня в конце трансгрессивного периода, еще более снижает минимальные отметки уровня водоема в конце регрессивного периода, а также ускоряет сроки наступления отдельных фаз внутривекового цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрасилов С.А. Руслловые процессы и формирование внутриконтинентальных дельт (на примере дельты реки Или), Алматы: "Рауан", 1994.- 192 с.
2. Гидрологические и водохозяйственные аспекты Или-Балхашской проблемы. Л.: Гидрометеиздат, 1989.- 310 с.
3. Джуркашев Т.Н. Антропогенная история Балхаш-Алакольской впадины.- Алма-Ата, 1972.- 126с.
4. Курдин Р.Д. Вековые колебания уровня оз. Алаколь по историческим и геоморфологическим данным. // Сб. работ Алма-Атинской ГМО. - 1969.-Вып.4.- С.38-- 46.
5. Курдюков К.В. Современные колебания уровня оз. Балхаш по геоморфологическим и историческим данным. // Изд. АН СССР. Сер.геогр. 1958, №4.- С.32-41.
6. Ресурсы поверхностных вод. Т.13, вып.2. Л.: Гидрометеиздат, 1970.- 645с.
7. Шнитников А.В. Изменчивость общей увлажненности материков Северного полушаря. // Зап.ВГО СССР, пов.сер.т.16, М.- Л., 1957.- 338 с.
8. Шульц Б.К. Водный баланс Аральского моря. // Труды САРНИГМИ.- 1965.- Вып.23.- С.3-28.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

ІЛЕ ӨЗЕНИ АТЫРАУЫНЫҢ ДАМУ ДИНАМИКАСЫ МЕН БАЛХАШ КӨЛІ СУ ДЕҢГЕЙІ ТЕРБЕЛІСІНІҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСЫ ЖӨНІНДЕ

Геогр. ғылымд. докторы С.Ә. Әбдірасылов
Геогр. ғылымд. докторы М.Х. Сәрсенбаев

Атырау түзілу және қабылдаушы су қоймасы деңгейінің айналымдық тербелісінің нәтижесінде жүретін өзара байланысты процестер қарастырылады.

УДК 574: 631.6

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ,
ОСНОВНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

Доктор геогр. наук

М.Х. Сарсенбаев

В статье рассмотрены вопросы, связанные с решением проблем научного обоснования социально-эколого-экономической эффективности использования водных и земельных ресурсов бассейнов рек и разработкой новой концепции мелиорации.

Кардинальные перемены геополитической, социально-экономической и экологической ситуации в Евразийских странах СНГ требуют адекватного пересмотра существующей идеологии развития мелиорации сельскохозяйственных земель. Предстоит усовершенствовать методику исчисления экономической эффективности ирригации и стоимости поливной воды, уточнить рациональную структуру посевов, определить приемлемые направления технического совершенствования оросительных систем. Особую значимость приобретают вопросы, связанные с ограничением величины орошаемых площадей, исходя из возможностей водообеспечения, экологии и социальных потребностей.

Казахстан, понесший наиболее тяжелые потери от чрезмерного водозабора стока трансграничных рек, в первую очередь должен разработать и задействовать новую концепцию мелиорации, соответствующую сложившейся ситуации и адекватной тенденциям ее изменения. В настоящее время актуальной для республики является проблема научного обоснования социально-эколого-экономической эффективности использования водных и земельных ресурсов бассейнов рек с учетом накопленного опыта ирригации, промышленно-бытового водоснабжения и обводнения различных угодий.

Новая концепция мелиорации призвана учитывать все стороны преобразования природы, когда экологические требования остаются не удовлетворенными. Она, в частности, должна ответить на такие вопросы:

какие цели и задачи имеет мелиорация сельскохозяйственных земель?

- какие качества орошаемых земель следует принимать за высокие, допустимые и непригодные для использования?
- какого качества земель и урожайности сельскохозяйственных культур можно достигнуть при данном уровне социально-экономического развития и состоянии экологической обстановки?
- какие действия являются наиболее целесообразными для повышения продуктивности земель, и какие экологические ущербы могут при этом возникнуть?

В литературе существует большое количество определений понятия «мелиорации земель», и, в частности, «мелиорации сельскохозяйственных земель». Она характеризуется как система мероприятий, направленных на коренное преобразование неблагоприятных для хозяйства природных условий. Перед мелиорацией поставлена цель повышения плодородия почвы и получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Ученые г. Москвы [1], приняв во внимание отрицательные последствия осуществленных мелиораций, считают, что «основная цель мелиорации сельскохозяйственных земель – качественное улучшение и расширенное воспроизводство почвенного плодородия, получение оптимального урожая сельскохозяйственных культур при наименьших отрицательных воздействиях на окружающую среду (землю, воды, фауну и т.д.). Здесь впервые обращено внимание на необходимость обеспечения экологической безопасности. Величина урожайности может быть «оптимальной», а не «высокой и устойчивой», как считалось ранее. Если учитывать не только сельскохозяйственные земли, но и другие угодья, то справедливым следует признать мнение А.Н. Костякова, что целью мелиорации является «наиболее эффективное использование земельных ресурсов». Ещё более широкий смысл цели мелиорации придается в науке о природопользовании. Здесь мелиорация понимается как наука о методах изменения природной среды для улучшения ведения хозяйства (сельского, лесного) и для жизни людей. В данном определении присутствует не только экологический, но и социальный фактор.

Таким образом, при помощи мелиорации улучшению подлежат не только орошаемые поля, но и смежные территории, вплоть до всего речного бассейна. Население как верховьев рек, так и их низовий должно иметь благо от регулирования водного режима, а природная среда не испытывать стресса от этого.

Для реализации перечисленных требований необходимо лимитирование темпов освоения земель, создание условий для увеличения биологического разнообразия в речном бассейне, развитие инфраструктуры на орошаемых и прилегающих территориях, научное обоснование размеров орошаемой площади и структуры посевов. При таком подходе трудно ожидать быстрой окупаемости затрат, и поэтому мелиорируемым территориям следует придать особый статус, исходя из их роли в жизнеобеспечении населения и животного мира в пустынной и полупустынной зонах. Особый статус предполагает покрытие части капитальных затрат из бюджета государства и предоставление ряда льгот при строительстве и эксплуатации природно-производственных ирригационных комплексов.

Качество орошаемых земель и его показатели являлись объектом изучения многих поколений ученых. Выделялись орошаемые почвы по засолению, гидроморфности, генезису, плодородию и по многим другим признакам. Кроме почвенных классификационных признаков, использовались гидромелиоративные и гидрогеологические показатели. Составленные на их основе специальные карты служили для обоснования гидромелиоративных (орошение, дренаж) и агротехнических мероприятий (севообороты, обработка почвы, удобрение, режим орошения). Однако отсутствие должного учета резких различий почвенно-мелиоративных условий и ежегодно меняющихся факторов (погодных, гидрологических, экологических), в конечном итоге приводило к недопустимо высокой изменчивости величин урожайности во времени и по отдельным полям, севооборотам, массивам и даже регионам, т.е. проектные решения не реализовывались как в части урожайности, так и в сроках окупаемости капитальных вложений.

Необходимость разработки нового подхода мелиорации к рационализации использования водно-земельных ресурсов в зоне орошения вызывается не только требованиями устранения пестроты урожайности, но и рядом других серьезных факторов: катастрофическим дефицитом поливной воды, внедрением мировых цен на все виды ресурсов, ухудшением экологической обстановки, сложностью сбыта сельскохозяйственной продукции и др.

Сущность предлагаемой нами концепции заключается в дифференцированном назначении интенсивности регулирующих мероприятий (гидромелиоративных, агротехнических, лесомелиоративных) в зависимости от исходного (потенциального) плодородия почвы. При этом подлежат учету и другие обстоятельства: обеспеченность поливной водой, наличие

средств связи и коммуникаций и т.д. Для реализации такого подхода выполняют агропроизводственную группировку почв и бонитировку земель, выделяют участки, существенно различающиеся по эффективному плодородию. Отсюда, можно выделить следующие категории земель: 1- высокопродуктивные (доходные), 2- с допустимой продуктивностью и 3- низкопродуктивные (нерентабельные при орошении) [4].

Исходя из фактически установленных величин изменчивости урожайности на мелиорированных землях (15...20% от среднего значения), можно допустить следующее. При средней урожайности, например, хлопчатника 25 ц/га, изменчивости 20% и при выделении трех равных по площадям групп продуктивности, будут иметь место поля с урожайностью: $25+5=30$ ц/га (высокопродуктивные), $25+0=25$ ц/га (с допустимой продуктивностью) и $25-5=20$ ц/га (низкопродуктивные). При мировых ценах на ресурсы последняя группа земель может оказаться нерентабельной для орошения. На любом орошаемом массиве можно выделить высокопродуктивные (доходные) земли. Они отличаются благоприятными почвенно-мелиоративными характеристиками, спокойным рельефом, глубоким залеганием грунтовых вод. Хозяйственные условия (гарантированное водообеспечение, развитость коммуникаций, достаток трудовых ресурсов, наличие удобных рынков сбыта продукции и т.д.) здесь также способствуют интенсификации сельскохозяйственного производства. Высокопродуктивные земли имеют широкое распространение в Средней Азии (Ташкентский и Самаркандский оазисы в Ферганской и Вахшской долинах), в Махтааральском районе Казахстана и других регионах.

В категорию низкопродуктивных (нерентабельных для орошения) земель целесообразно включить те участки, на которых были распространены средне- и сильнозасоленные почвы, и участки с нерегулярным водообеспечением и низким плодородием. Здесь постоянно присутствует угроза реставрации засоления и требуются дополнительные объемы поливной воды для промывки и промывного режима орошения и дорогостоящие мероприятия по повышению плодородия почв. Если отказаться от освоения этих земель, то высвободившиеся ресурсы можно будет направить на лучшие участки, т.е. на доходные земли.

В некоторых отношениях сходную точку зрения имеют и другие ученые. Так, А. Каримов [2] констатирует, что до 20 % орошаемых земель Узбекистана характеризуется низким плодородием (бонитет менее 40 баллов). Это предопределяет целесообразность, по его мнению, перераспре-

деления поливной воды, при ее дефиците, в пользу более плодородных участков. Мы разделяем такой подход, хотя наши предложения по смыслу более широкие: нами обосновывается изменение всей системы земледелия, а не только водораспределения [4].

К категории земель с допустимой продуктивностью могут быть отнесены в основном слабозасоленные земли, перспектива использования которых определяется, не только экономическими, но также и социальными и экологическими факторами. При этом, если имеется перспектива достижения лучших экологических и социальных характеристик, то, в определенных обстоятельствах, можно смириться с низкими параметрами рентабельности. Такие угодия можно назвать экологически благоустраиваемыми землями. Они образуют ячейки жизни в пустынях и в маловодообеспеченных районах и поэтому должны иметь особый статус, так как орошение здесь является самым мощным способом обеспечения занятости населения.

Альтернативными вариантами рационализации использования угодий второй категории являются: первый – интенсификация земледелия путем мелиорации, химизации и механизации; второй – экологизация природопользования путем организации адаптивного сельского хозяйства.

Для реализации первого варианта, в настоящее время и в ближайшем будущем, ввиду новых геополитических и экономических условий, не имеется возможности. К тому же, отрицательный опыт попыток улучшения экономических показателей на большей части орошаемых земель, убеждает в нецелесообразности затрат на интенсификацию.

Адаптивное сельское хозяйство имеет целью увеличение видового и сортового разнообразия агроэкосистем, конструирование экологически устойчивых агроэкосистем и ландшафтов, переход на биологизацию и экологизацию продукционного и средообразовательного процессов в агроэкосистемах. Данная концепция допускает некоторое снижение продуктивности орошаемых земель, но зато приводит к ряду экологических преимуществ: сокращает водозабор из рек, уменьшает ирригационную эрозию почв, увеличивает количество растительных ассоциаций, оптимизирует сочетание земледелия и животноводства.

Значительная экономия материально-технических ресурсов может означать переход от интенсивного к экстенсивному земледелию. Каждая из этих крайних степеней интенсификации сельскохозяйственного производства имеет свои достоинства и недостатки и в условиях ужесточения

экологических требований нуждается в дополнительном анализе. Экстенсивное земледелие широко распространено в мире, особенно в развивающихся государствах. В промышленно развитых государствах (США, Германия, Япония и др.) достигнут верхний предел интенсификации, при котором сельское хозяйство потребляет энергии больше, чем производит.

По данным Ю. Одума [3] территория экстенсивного хозяйства в 2,5 раза больше площади высокомеханизированного земледелия, а объем продукции, ежегодно получаемой с них, одинаков. Индустриализация сельского хозяйства с экономическим развитием государств увеличивается, что приводит к росту потребления энергии. В связи с этим, появились предложения по количественной характеристике ее использования в сельском хозяйстве. Вычисляют «биоэнергетический» КПД – отношение энергии получаемой продукции к совокупной энергии, затраченной при производстве продукции. Получено, что немеханизированные примитивные агросистемы имеют КПД от 10 до 40, а механизированные – от 3 до 4 (в СССР – 1,8; США – 1.0; Япония 0.4), что свидетельствует о больших затратах общественных результатов прошлого труда (машин, удобрений и т.д.) при интенсивном земледелии [5].

Продуктивность единицы обрабатываемой площади гораздо выше в высокомеханизированных хозяйствах в сравнении с примитивными. Однако экологические преимущества имеют последние: здесь используется возобновляемая солнечная энергия, в то время как при интенсивном земледелии – ископаемое топливо, т.е. невозобновляемый ресурс. Кроме того, индустриальные технологии приводят к потерям почвенного гумуса и усилению эрозионных процессов: к настоящему времени содержание гумуса в почве понизилось на 24,3 %. Энергетические затраты в орошаемом земледелии ещё выше: здесь энергия расходуется также на водоподъем из источника орошения, механизацию полива, дренирование земель, эксплуатацию оросительных систем.

В орошаемом земледелии для экономии ресурсов, кроме минимальной обработки почвы и биологизации земледелия, необходимо ещё и минимальное орошение. В данном случае, под минимальными орошением следует понимать систему мероприятий, направленных на обеспечение адаптивных к местными условиям устойчивых агроэкосистем, которая включает: выбор участков для орошения, подбор засухоустойчивых и солеустойчивых растений, разработку ресурсосберегающей агротехники и специальных мероприятий по стабилизации средообразующих процессов

на новом уровне. Данная технология базируется на законах и принципах экологии и природопользования и направлена на компонентно-экологическую оптимизацию при орошении земель с исходным низким их плодородием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция мелиорации сельскохозяйственных земель в стране. Российская с.-х. Академия. – М.: Моск. гидромелиоративный институт, 1992. - 44 с.
2. Каримов А. Управление дефицитом водных ресурсов, Ташкент: ГФНТИ, 1997. - 108 с.
3. Одум Ю. Основы экологии. Пер. с англ. – М.: «Мир», 1975. - 740 с.
4. Сарсенбаев М.Х. Гидролого-экологические проблемы орошения в Южном Прибалхашье (на примере рисовых земель).- Алматы: Изд. Қазақ университеті, 2001.-196 с.
5. Созинов А.А., Новиков Ю.Ф. Энергетическая цена индустриализации агросферы. – М.: «Природа», 1985. № 5.- С.11-19.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

ОРТАЛЫҚ АЗИЯ СУ РЕСУРСТАРЫН НЕГІЗГІ ТҰТЫНУШЫСЫ – ЖЕР СУАРМАЛАУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Геогр. ғылымд. докторы М.Х. Сәрсенбаев

Ұсынылып отырған мелиорациялаудың жаңа тұжырымы топырақтың бастапқы құнарлығына суармалау суларымен қамтамасыздығына және басқада жағдайларға реттеу табиғи өзгерістердің барлық жа тарын есепке алуға саяды.

УДК 551.506.2:551.506.51(574)

**ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕТРА НАД СЕВЕРНЫМ КАСПИЕМ И ЕГО
ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ НАГОННЫХ ЯВЛЕНИЙ**

Канд. геогр. наук

Н.И. Ивкина

Т.П. Строева

В статье рассмотрены вопросы, связанные с исследованием характера ветров над Северным Каспием, определением их эффективных нагонных направлений и идентификацией объектов с наибольшей величиной нагонов. Описан способ, который был применен, и приведены результаты расчетов.

Характер ветров над Каспийским морем определяется как крупномасштабным влиянием циркуляции атмосферы, так и местными барикоциркуляционными и термическими условиями. Для северной части моря характерно преобладание восточных и юго-восточных ветров, которые, в большую часть года, являются основным фактором, определяющим динамические процессы в восточной части Северного Каспия: сгонно-нагонные явления, течения, волнение, потоки наносов. Циркуляция воздуха в этом районе происходит главным образом под действием континентальных барических образований таких, как сибирский зимний максимум и ирано-афганский летний минимум.

Над акваторией Северного Каспия прослеживаются сезонные изменения в распределении атмосферного давления, связанные с образованием и распространением западных отрогов этих барических центров. Наряду с этим происходит местное термодинамическое воздействие самого моря на барическое поле. Обычно крупные нагоны у северного побережья Северного Каспия отмечаются, когда глубокий циклон перемещается с запада на восток и располагается над южной частью междуречья рек Волги и Урала, а над южной частью Каспия располагается область повышенного давления. По режиму ветра выделяются северо-восточный и юго-западный районы. В северо-восточном районе, по данным МГ Пешной, преобладают восточные, юго-восточные, а также юго-западные и западные направления ветра. В юго-западном районе, по данным МГ о. Кулалы, преобладают восточные и северо-восточные, а также северо-западные и

западные ветры. Наименьшую повторяемость и в том и в другом районе имеют южные ветры. Диапазон изменения скоростей ветра в этих районах примерно одинаков - от 1...5 м/с до 15...20 м/с. Среднегодовая скорость ветра составляет 5...6 м/с. Среднемесячные скорости ветра имеют сезонный ход: максимальные величины (6,5...8 м/с) характерны для холодной половины года (ноябрь-апрель), а минимальные (4,5...5,5 м/с) - для теплого периода (июль - сентябрь).

В холодный период преобладают восточные и юго-восточные ветры, летом увеличивается повторяемость западных. Скорость ветра от весны к лету уменьшается, а к осени и зиме вновь увеличивается. Подавляющее число штормов отмечается при ветрах восточных, юго-восточных румбов и противоположных им - северо-западных и западных и наблюдаются в октябре, ноябре, марте и апреле. При южных и юго-западных ветрах, как правило, в летний период штормов почти не бывает [1, 4, 5].

В соответствии с характером ветров на Северном Каспии четко прослеживается сезонность проявления наибольших величин нагонов. Исследования Н.Д Герштанского [2, 3] показывают, что наибольшую повторяемость и высоту нагоны имеют осенью (октябрь-ноябрь) и весной (апрель-май). В оставшиеся месяцы года их повторяемость колеблется в пределах 5...10 %. Характеристики сгонно-нагонных колебаний уровня определяются ветром, глубиной, морфологическими особенностями дна и берегов, растительностью, ледяным покровом и стоком реки (в устье). Особенно опасными являются нагоны в отмельных районах моря с низменным побережьем, на котором они вызывают наводнения. Повышение уровня воды при нагонах для районов побережья, высотные отметки которого незначительно превышают отметку среднего уровня моря, представляет иногда катастрофическое бедствие. Особенно это относится к северо-восточной мелководной части Каспийского моря с очень пологими берегами Прикаспийской низменности. Характерная особенность сгонно-нагонных колебаний уровня состоит в их быстрой изменчивости во времени и по акватории моря. Между тем число пунктов на побережье, в которых проводятся наблюдения за уровнем моря, не только крайне ограничено, но ни на одном из них не установлено автоматических регистраторов уровня воды, которые обеспечивали бы удовлетворительную дискретность измерений во времени. Срочные наблюдения на работающих гидрометеорологических станциях выполняются только четыре раза в сутки. В подобных условиях велика вероятность того, что окажутся незафиксирован-

ными такие важнейшие характеристики уровня моря, как его экстремальные значения во время нагонных явлений, а графики, полученные на основе срочных наблюдений за ходом уровня, будут существенно отличаться от графиков, построенных на основе натуральных данных.

В то же время при выработке стратегии хозяйственного освоения данной территории необходимо знать не только статистические характеристики, но и максимальные высоты нагонов в различных частях побережья и ветровые условия, при которых они могут возникнуть.

Применение математических моделей позволяет спрогнозировать возможные нагоны и сгоны и рассчитать их возможное воздействие на прибрежную зону в условиях ограниченной информации. Они дают возможность прогнозировать поведение окружающей среды, предсказать ее параметры, опасные для функционирования технических сооружений. Для этих целей гидродинамическая модель каспийского моря, основанная на технологии MIKE 21 датского гидравлического института, (DHI Water&Environment) содержит обширный блок (условно называемый "Гидродинамика"), объединяющий несколько аналитических модулей [6-8]. Моделирование гидродинамических процессов и явлений базируется на расчете характеристик штормовых нагонов, ветровых волнений и течений. Расчеты по модели Каспийского моря на длительные сроки позволили определить оптимальные параметры для получения физически обоснованных результатов. Для верификации численной модели производились расчеты наиболее значительных штормовых нагонов, наблюдавшихся в исследуемом районе. Сравнение полученных результатов с материалами натурных наблюдений свидетельствовали о достаточно высоком качестве работы модели и, следовательно, о возможности ее применения для решения различных прикладных задач [6].

В настоящее время в программный комплекс включена двумерная модель штормовых нагонов и ветровых течений. В интерфейсе модели штормовых нагонов имеется возможность задать время действия и направление ветра, или выбрать необходимые данные, характеризующие конкретный нагон из базы данных. На экран выводятся значения максимального нагона при заданном шторме, значения расчетного уровня, максимальные скорости течения на поверхности воды.

Ветер, дующий в сторону мелководного берега, вызывает нагон морской воды, а с берега – сгон. Ветер, направление которого при одина-

ковой скорости вызывает наибольший подъем (или спад) уровня, называется эффективным.

При проведении численных экспериментов на северо-восточном побережье было выбрано восемь характерных пунктов в зависимости от конфигурации берега (рис.).



Рис. Схема расположения пунктов для расчета максимально-возможной высоты нагонов.

Рассматриваемые штормовые ситуации имели различную продолжительность штормовой деятельности, в среднем она составляет трое суток. Наибольшая продолжительность штормов холодного полугодия достигает 5 суток, наименьшая - одни сутки. Моделирование было проведено для ветра со скоростью 10, 15, 20 и 25 м/с и направлением по восьми румбам. Продолжительность ветра каждого направления, исходя из анализа имеющейся исходной информации и литературных источников, принималась равной 24, 48 и 72 ч. Начальная отметка уровня воды соответствовала современной отметке и составила минус 27 м. Средствами гидродинамической модели были рассчитаны изменения уровня воды относительно начальной отметки при каждом направлении ветра. В табл. 1 приведены результаты расчета высоты нагонов с точностью до 0,1 м при продолжительности ветра 72 ч. В первом пункте уровень моря поднимается за счет воздействия ветра восточного, юго-восточного, южного и юго-западного направлений, достигая наибольшей высоты при юго-восточных и южных ветрах (см. табл.1). Следовательно, ветер именно этих направлений является эффективным для этого района.

Таблица 1
 Максимально-возможная высота наголов, вызванных штормовым ветром,
 в различных точках северо-восточного побережья Калининского моря, м.
 Продолжительность явления 72 ч.

| Пункт | Направление ветра, дунов | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|
| | С | СВ | В | ЮВ | Ю | ЮЗ | З | СЗ |
| 1 | 0,1 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,3 | | |
| 2 | | 0,4 | 0,8 | 1,0 | 0,6 | | | |
| 3 | | | 0,3 | 0,7 | 0,7 | 0,3 | | |
| 4 | | | 0,3 | 0,8 | 0,9 | 0,5 | | |
| 5 | | | 0,1 | 0,9 | 1,2 | 0,8 | | |
| 6 | | 0,4 | | | 0,1 | 1,1 | | 1,0 |
| 7 | | 0,4 | | | 0,7 | 1,1 | | 1,0 |
| 8 | | 0,4 | | | 0,4 | 0,6 | | 0,6 |
| Скорость ветра 15 м/с | | | | | | | | |
| 1 | 0,2 | 0,8 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | | | |
| 2 | | 0,7 | 1,5 | 1,8 | 1,0 | | | |
| 3 | | 0,6 | 0,6 | 1,3 | 1,2 | 0,5 | | |
| 4 | | 0,4 | 0,4 | 1,5 | 1,7 | 0,9 | | |
| 5 | | | | 1,5 | 2,2 | 1,6 | | |
| 6 | | | | | 1,7 | 2,1 | | 2,0 |
| 7 | 0,9 | | | | 1,1 | 2,1 | | 1,3 |
| 8 | 0,9 | 0,1 | | | 0,5 | 1,2 | | 1,3 |
| Скорость ветра 20 м/с | | | | | | | | |
| 1 | 0,3 | 1,4 | 2,1 | 2,0 | 0,1 | | | |
| 2 | | 1,0 | 2,3 | 2,8 | 1,3 | | | |
| 3 | | 0,8 | 0,8 | 2,0 | 1,6 | 0,5 | | |
| 4 | | 0,6 | 0,6 | 2,2 | 2,4 | 1,3 | | |
| 5 | | | | 2,3 | 3,2 | 2,4 | | |
| 6 | | | | | 0,9 | 3,2 | | |
| 7 | 1,5 | | | | 1,3 | 3,1 | | 3,1 |
| 8 | 1,6 | 0,2 | | | 0,6 | 1,7 | | 2,1 |
| Скорость ветра 25 м/с | | | | | | | | |
| 1 | 0,3 | 1,9 | 2,9 | 2,6 | 1,4 | | | |
| 2 | | 1,3 | 3,1 | 3,7 | 2,0 | 0,7 | | |
| 3 | | 1,0 | 1,0 | 2,6 | 3,1 | 1,6 | | |
| 4 | | 0,8 | 0,8 | 2,8 | 4,2 | 3,2 | | |
| 5 | | | | 2,8 | 0,1 | 4,3 | | |
| 6 | | | | | 0,1 | 4,3 | | |
| 7 | 1,9 | | | | 1,4 | 4,3 | | 4,4 |
| 8 | 2,3 | 0,3 | | | 0,7 | 2,1 | | 3,0 |

Проведенный анализ полученных результатов позволил установить случаи подъема уровня для различных частей северо-восточного Каспия (табл. 2) и определить эффективные нагонные направления при наиболее вероятных скоростях ветра.

Таблица 2

Максимально-возможная высота нагона (м) в зависимости от эффективного направления ветра, его скорости и продолжительности

| Район | Эффективное направление ветра | Величина нагона, относительно фонового уровня | | | | | |
|--|-------------------------------|---|------|------|------------|------|------|
| | | V = 10 м/с | | | V = 20 м/с | | |
| | | продолжительность | | | | | |
| | | 24 ч | 48 ч | 72 ч | 24 ч | 48 ч | 72 ч |
| Восточная часть дельты р. Волга | ЮВ, Ю | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 2,0 | 2,0 | 2,2 |
| Междуречье Волги и Урала | ЮЮВ, ЮВ, Ю | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 2,4 | 2,6 | 2,8 |
| Дельта р. Урал | ЮЮЗ, Ю | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,3 | 1,7 | 2,0 |
| Междуречье Урала и Эмбы | ЮЮЗ | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,6 | 2,2 | 2,5 |
| Мелководье от р. Эмба до промысла Прорва | ЮЗ | 0,7 | 1,1 | 1,2 | 2,0 | 2,9 | 3,2 |
| Залив Комсомолец | З, ЗЮЗ | 0,8 | 1,1 | 1,2 | 2,2 | 3,0 | 3,2 |
| Полуостров Бузачи | ЗСЗ, СЗ | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |

Говоря о закономерностях пространственного распределения нагонов на казахстанском побережье Каспия, следует сказать, что самые значительные нагоны образуются на втором и пятом участке при южном и юго-западном направлении ветра соответственно.

Ветровые нагоны наносят огромный материальный ущерб различным отраслям экономики, в первую очередь, нефтегазовой промышленности. Для предотвращения негативных последствий рекомендуется при строительстве и проектировании защитных сооружений учитывать максимально возможную величину поднятия уровня моря при нагонных явлениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герштанский Н.Д. Исследование и расчет сгонно-нагонных колебаний уровня воды Северного Каспия // Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. - Ростов-на-Дону. - 1978. - 24 с.
2. Герштанский Н.Д. Некоторые особенности рельефа водной поверхности при нагонах и сгонах в отмельных районах моря (на примере Север-

ного Каспия) // Тр. ГОИН.-1971. - Вып. 104. - С. 82-95.

3. Герштанский Н.Д., Казаков О.В. Типизация нагонов у западного побережья Северного Каспия и возможность ее применения для прогнозирования уровня и затопления берега // Сб. работ Астраханск. ГМО.-1980. -Т.2. - С.93-100.
4. Керимов А.А., Клевцова Н.Д. Изучение гидрометеорологии Каспийского моря // Юбилейный информац. сборник Азерб. УГМС.-Баку, 1965. - С.43-49.
5. Кошинский С.Д. Режимные характеристики сильных ветров на морях Советского Союза. Ч. 1, Каспийское море.- Л.: Гидрометеиздат, 1975. - 412 с.
6. Шиварева С.П., Ивкина Н.И., Строева Т.П. К Моделированию сгонно-нагонных колебаний уровня в береговой зоне Каспийского моря Республики Казахстан Хорос // Вестник КазГУ. - 1998. - N 7.- С. 83-86.
7. 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.
8. Warren, I.R., Bach, H.K. MIKE 21- a modeling system for estuaries, coastal waters and seas // Environmental software. - 1992. - Vol. 7.- № 4.- P. 229-240.

Научно-производственный Гидрометцентр
РГП «Казгидромет»

СОЛТҮСТІК КАСПИЙДЕГІ ЖЕЛДІҢ СИПАТЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ СУ ДЕҢГЕЙІНІҢ КӨТЕРЛУШЕ ӘСЕРІ

Геогр. ғылымд. канд.

Н.И. Ивкина

Т.П. Строева

Мақалада Солтүстік Каспийдегі желдердің сипатын зерттеуге, олардың су деңгейін көтеретін бағыттарын анықтауға және су ең үлкен деңгейге көтерілуі объектілерін ұқсастыруға байланысты мәселелер қарастырылған. Қолданылған тәсіл суреттеліп, есептеулердің нәтижелері келтірілген.

УДК 504.4.062.2 (574)

**ІЛЕ ӨЗЕНІНДЕГІ ТЕРМИКАЛЫҚ РЕЖІМНІҢ ӨЗГЕРУІН ЗЕРТТЕУ
НӘТИЖЕЛЕРІНЕН**

Геогр. ғылымд. докторы

М.Ж. Бүрлібаев

Ж.Қ. Турениязова

Термикалық режимнің көпжылдық мәліметтеріне сүйене отырып, Іле өзенінің ұзындығы бойынша сулылықтың әртүрлі қамтамасыздықтарындағы су температурасының жыл бойылық бөліну динамикасы қарастырылды. Табиғи және өзгерген гидрологиялық режимді салыстырмалы түрде зерттеу нәтижесінде Қапшағай бөгенінің әсерінен температуралық режимнің түбегейлі өзгерісі анықталды.

Қазіргі таңда өзен суын бөгендер арқылы реттеу салдарынан термикалық режимнің өзгеру бағытын зерттеудің ағындарды санитарлық қорғауда, сонымен бірге жылулық ластануды анықтауда маңызы өте зор. Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, судың өзін-өзі тазалау процестеріне, өзеннің гидрохимиялық және мұздық режимдеріне нақты баға беруге мүмкіндік береді.

Термикалық режимнің гидробионттардың тіршілігінде маңызы өте зор болғандықтан негізгі экологиялық факторлардың қатарына жатады. Оның экологиялық маңызы судың құрамына, сол сияқты гидробионттардың тіршілік ортасында тік және көлденең орын ауыстыруына әсер ету арқылы айқын байқалады [4].

Іле өзенінің суын Қапшағай бөгенін салу және іске қосу арқылы көпжылдық реттеу нәтижесінде өзеннің төменгі бөлігіндегі гидрологиялық режим түбегейлі өзгеріске ұшырады. Табиғи жағдайда өзен экожүйесінде бірнеше жылдар бойы қалыптасқан, белгілі бір динамикаға бейімделген, экожүйе көрсеткіштерінің ауытқуын шектеп және реттеп отыратын экологиялық тепе-теңдік орнаған болатын. Алайда Қапшағай бөгені іске қосылғаннан кейін гидрологиялық режимнің өзгеруімен экологиялық тепе-теңдік бұзылып, бұрынғы қайта оралу қабілетінен айрылып, өзен экожүйесінің дамуы өзгеше бағыт алып отыр. Әсіресе гидрологиялық режимнің бөгеннің әсерінен табиғи жағдайдан ауытқу

бағытының анықталуы барысында су температурасының “ескертпе” белгі ретіндегі маңызы қазіргі таңда көкейкесті сипатқа ие болып отыр.

Термикалық режимнің бөгеннің әсерінен өзгеру мәселесі соңғы кезде көп зерттелген. Зерттеулердің негізі [1, 2] бөгендегі ауа және су массаларының жылу тасымалдау мүмкіншілігін есептеуге, су температурасының бөгеннің ауданы мен тереңдігі бойынша өзгеруін анықтауға негізделген. Соның ішінде су массаларының температуралық қабатталу процесіне көп көңіл бөлінген. Бұл құбылыс ірі бөгендерде айқын байқалады. Дегенменде бөгендердің термикалық режимі бойынша зерттеулердің көптігіне қарамастан, ағыны реттелген өзендердің ұзындығы бойынша су температурасының өзгеруін салыстырмалы түрде қарастырған еңбектер санаулы ғана. Ағыны бөген арқылы реттелген өзендердің (Дон, Днепр, Волга, Кама, Обь, Кура, т.б.) ұзындығы бойынша Е.А.Леонов [3] термикалық режимнің өзгеруін 1936...1973 жылдар аралығындағы температураның орташа айлық мәндерін ағынның реттелуіне дейінгі және кейінгі кезеңге бөліп, салыстырмалы түрде қарастырған.

Қапшағай бөгенінің Іле өзенінің температуралық режиміне әсерін анықтау мақсатында су температурасының көпжылдық мәліметтеріне сүйене отырып, жылдың 25, 50, 75, 95 % қамтамасыздықтары бойынша бөгеттен төмен орналасқан Қапшағай және Үшжарма тұстамаларындағы су температурасының жыл бойылық бөлінуіне талдама жасалынды. Бөгеннің әсерінен қалыптасқан термикалық режимнің өзгерісін айқын көрсету үшін су температурасының хронологиялық динамикасын екі кезеңге бөлу арқылы салыстырмалы түрде қарастырылды:

1. 1936...1970 жылдар аралығындағы Қапшағай бөгенінің салынуына дейінгі табиғи гидрологиялық режим кезеңі
2. 1971...2000 жж. бөгеннің әсерінен қалыптасқан өзгерген гидрологиялық режим кезеңі.

Қазіргі кезеңде Қапшағай бөгенінің әсерінен су температурасының өзеннің ұзындығы бойынша біртіндеп үздіксіз өзгеруі бұзылды. Бөгеннің жоғарғы бьефынан төменгіге өту барысында судың температурасы күрт өзгереді. Қысқы маусымда жоғарғы бьефтың мұзға жанасатын қабатындағы суға қарағанда, бөгеннің төменгі бьефында судың температурасы біршама жоғары болады. Сондықтанда қыста бөгеттен төменгі бөлікте жылы судың әсерінен жылымықтар қалыптасып, су қатпайды. Керісінше, температураның төмендеу бағыты көктемде айқын байқалады.

Кестедегі зерттеу нәтижелері көрсетіп отырғандай, Қапшағай бөгенінің температуралық режимге әсері Қапшағай және Үшжарма тұстамаларында айқын байқалады, яғни су температурасының көктемде табиғи көрсеткіштерден төмендеуі мен күзде көтерілуі тіркелген.

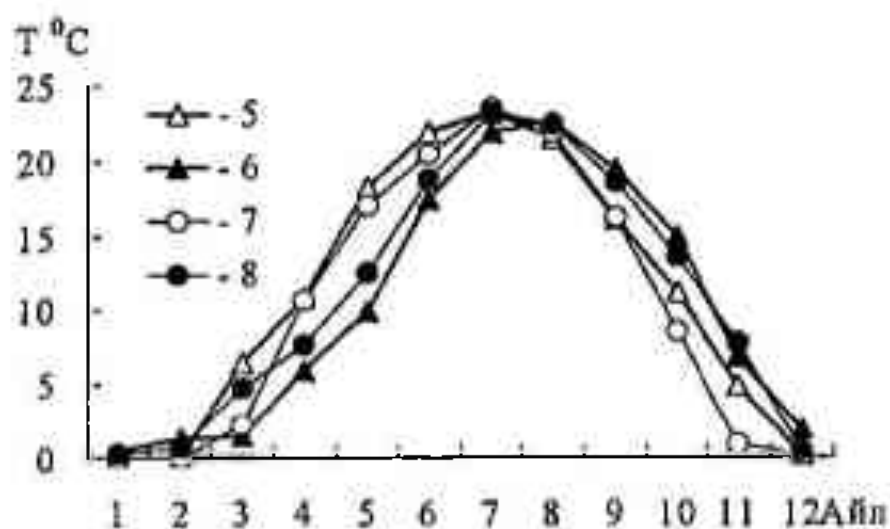
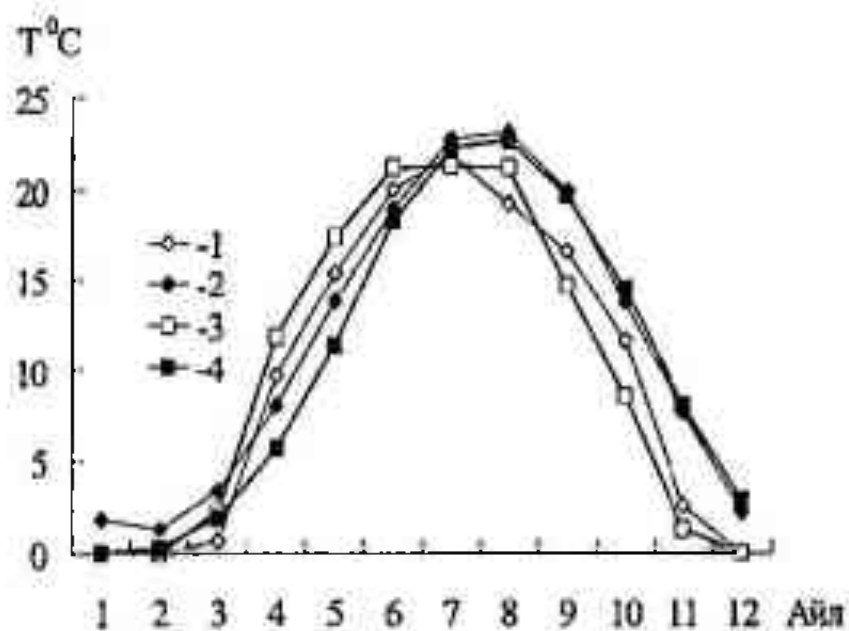
Кесте

Іле өзеніндегі су температурасының (°C) жыл бойылық бөлінуі

| Түс- тама | Реж ім | P, % | Айлар | | | | | | |
|--------------------|--------|---------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Қап шағай шатқа лы | ТГР | 25 | 9,7 | 15,4 | 20,1 | 21,9 | 19,3 | 16,7 | 11,7 |
| | ӨГР | 25 | 8,1 | 13,9 | 19,0 | 22,8 | 23,2 | 20,0 | 13,8 |
| | ТГР | 50 | 11,8 | 17,5 | 21,2 | 21,3 | 21,2 | 14,7 | 8,6 |
| | ӨГР | 50 | 5,7 | 11,4 | 18,3 | 22,3 | 22,7 | 19,7 | 14,6 |
| | ТГР | 75 | 10,8 | 18,2 | 21,9 | 23,3 | 21,5 | 16,2 | 11,3 |
| | ӨГР | 75 | 5,9 | 9,9 | 17,5 | 21,9 | 22,6 | 19,4 | 14,9 |
| | ТГР | 95 | 10,7 | 17,0 | 20,5 | 23,6 | 21,9 | 16,3 | 8,6 |
| | ӨГР | 95 | 4,7 | 12,6 | 18,9 | 23,3 | 22,5 | 18,6 | 13,6 |
| Үш жарма ауылы | ТГР | 25 | 12,2 | 17,8 | 20,2 | 23,5 | 21,0 | 16,9 | 9,7 |
| | ӨГР | 25 | 8,5 | 15,2 | 19,1 | 23,4 | 22,8 | 19,6 | 11,0 |
| | ТГР | 50 | 12,5 | 17,7 | 21,4 | 21,9 | 21,6 | 15,0 | 9,0 |
| | ӨГР | 50 | 8,0 | 15,8 | 21,5 | 24,5 | 22,4 | 18,6 | 13,0 |
| | ТГР | 75 | 10,9 | 17,4 | 20,3 | 23,3 | 20,7 | 16,1 | 10,4 |
| | ӨГР | 75 | 10,2 | 14,7 | 20,8 | 23,9 | 23,0 | 17,6 | 12,3 |
| | ТГР | 95 | 11,5 | 16,8 | 20,4 | 23,8 | 22,7 | 16,9 | 9,1 |
| | ӨГР | 95 | 10,6 | 16,1 | 21,6 | 23,9 | 23,5 | 17,8 | 10,7 |

Ескертпе: ТГР – табиғи гидрологиялық режим кезеңі; ӨГР - өзгерген гидрологиялық режим кезеңі

Бөгеттен төмен орналасқан Қапшағай тұстамасындағы жылдың 25 % қамтамасыздығында (Сур.) бөгеннің әсерінен қалыптасқан гидрологиялық режимнің өзгеру кезеңіндегі су температурасының табиғи көрсеткіштерден төмендеу бағыты сәуір-мамыр айларында тіркелгенмен, табиғи және өзгерген гидрологиялық режимдегі температураның айырмашылығы 1,1...1,6 °C шамасында. Сәуір айындағы табиғи гидрологиялық режимде судың температурасы 9,7 °C болса, ал Қапшағай бөгенінің әсерінен гидрологиялық режимнің өзгеруімен бұл көрсеткіш 8,1 °C -ге төмендей түскен. Сол сияқты мамыр айында да осы жағдай қайталанған, яғни температураның өзгеру көрсеткіші 1,5 °C шамасында.



Сур. Іле өз. Қапшағай тұстамасындағы су температурасының табиғи (Т.Г.Р.) және өзгерген (Ө.Г.Р.) гидрологиялық режимдегі жыл бойылық бөлінуі. 1 – Р = 25 % Т.Г.Р., 2 – Р = 25 % Ө.Г.Р., 3 – Р = 50 % Т.Г.Р., 4 – Р = 50 % Ө.Г.Р., 5 – Р = 75 % Т.Г.Р., 6 – Р = 75 % Ө.Г.Р., 7 – Р = 95 % Т.Г.Р., 8 – Р = 95 % Ө.Г.Р.

Бұл айда табиғи жағдайда тіркелген 15,4 °С деңгейіндегі температураның орнын гидрологиялық режимде 13,9 °С - дегі көрсеткіш басқан. Табиғи және өзгерген гидрологиялық режимдегі температураның айырмашылығы маусымда жоғарыда аталған айларға қарағанда азайып, небәрі 1,1 °С ғана құрайды. Ал гидрологиялық режимнің өзгеру кезеңіндегі температураның көтерілу бағыты шілде-қараша айларында байқалады және көктемдегі тем-

ператураның ауытқу көрсеткішіне қарағанда ұлғая түскен. Шілде айындағы температураның табиғи мөлшерден көтерілуі небәрі 0,9 °С болғанымен, тамыз айынан бастап ауытқуы айқындала түседі. Тамыз-қараша айларындағы температураның айырмашылығы 2,1...5,1 °С - ге күрт өскен. Табиғи көрсеткіштен температураның ауытқуы тамыз айында 3,9 °С, қыркүйекте – 3,3 °С шамасында. Егер табиғи гидрологиялық режимдегі судың температурасы тамыз айында 19,3 °С – ге тіркелсе, Қапшағай бөгенінің іске қосылуынан кейінгі уақытта 23,2 °С - ге дейін көтерілді. Сол сияқты қыркүйектегі табиғи жағдайдағы судың температурасы 16,7° С құраса, өзгерген гидрологиялық режимде 20 °С тіркелген. Табиғи гидрологиялық режимдегі температураның мәнінен қазан айындағы ауытқуы 2,1 °С - ге дейін азая түскен. Жылдың мол сулылығындағы температураның ең үлкен ауытқуы қараша айына сәйкес келеді. Осы айдағы табиғи және өзгерген гидрологиялық режимдегі температураның айырмашылығы 5,1 °С -ге дейін өзгерген. Егер табиғи гидрологиялық режимде судың температурасы 2,6 °С шамасында болса, ал қазіргі уақытта оның мәні көтеріліп, 7,7 °С -ге тіркелген.

Жылдың 50 % қамтамасыздығындағы Қапшағай бөгенінің әсерінен қалыптасқан гидрологиялық режимнің өзгеру кезеңіндегі температураның динамикасы жылдың мол сулылығына ұқсас. Атап айтқанда, өзгерген гидрологиялық режимдегі температураның табиғи көрсеткіштерден төмендеу бағыты сәуір-маусым айларында байқалса, ал көтерілуі шілде-қараша айларына сәйкес келеді. Табиғи жағдайдағы температурадан ауытқуы айқын байқалады. Табиғи және өзгерген гидрологиялық режимнің температуралық айырмашылығы барлық айларда анағұрлым үлкен. Сәуір - маусым айларында қалыптасқан гидрологиялық режимнің бөгеннің әсерінен бұзылуы барысындағы температураның бұрынғы калпынан төмендеуі бағытында судың температурасы 2,9...6,1 °С - ге дейін ауытқыған. Әсіресе температураның ең көп ауытқуы сәуір, маусым айларында тіркелген. Мәселен сәуір айындағы табиғи және өзгерген гидрологиялық режимнің айырмашылығы 6,1 °С. Егер табиғи гидрологиялық режимдегі температураның мәні 11,8 °С болса, Қапшағай бөгенінің іске қосылуынан кейін бұл көрсеткіш 5,7 °С - ге төмендей түскен. Сол сияқты жағдай мамыр айында да орын алған. Табиғи жағдайдағы 17,5 °С температураның орнына қазіргі уақытта 11,4 °С тіркелген, нәтижесінде судың температурасы 6,1 ° -қа ауытқыған. Ал маусым айындағы температураның айырмашылығы 2,9 °С - ге қысқарған. Бұл

айдағы Қапшағай бөгенінің салынуы мен іске қосылуына дейін температура 21,2 °С деңгейінде болса, қазін 18,3 ° -қа төмендеген. Ал, бөгеннің әсерінен қалыптасқан гидрологиялық режимнің өзгеру кезеңіндегі табиғи температураның көтерілуі шілде айынан басталғанымен, температураның айырмашылығы кіші-гірім ғана. Мәселен, шілде, тамызда табиғи көрсеткіштен 1...1,5 °С -ге ауытқиды. Бірақ қыркүйек-қараша аралығында су температурасының табиғи қалыптан көп ауытқуы байқалады. Осы айлардағы температураның айырмашылығы 5...6,8 °С -ге дейін жетеді. Қыркүйек айындағы судың температурасы табиғи гидрологиялық режимде 14,7 ° болғанымен, кейінгі кезеңде 22,7 °С - ге көтерілуі тіркелген. Су температурасының табиғи көрсеткіштен ауытқуы қазан айынан бастап ұлғая бастайды. Қазан айындағы табиғи жағдайда тіркелген 8,6 ° температураның орнын қазіргі уақытта 14,6 °С -дегі көрсеткіш басқан, яғни 6 ° -қа күрт көтерілген. Әсіресе су температурасының көтерілу бағытындағы температураның ең көп мәнге ауытқуы қараша айына сәйкес келеді. Бұл айдағы температураның айырмашылығы 6,8 °С кұрайды. Бөгеннің салынуына дейінгі уақытта су температурасының көрсеткіші 8,6 °С болса, ал гидрологиялық режимнің өзгеруімен 14,6° С-ге күрт көтерілген.

Жылдың 75% қамтамасыздығындағы Қапшағай бөгенінің салынуы мен іске қосылуынан кейінгі уақыттағы температураның жыл ішіндегі таралу нәтижелері көрсеткендей, су температурасының табиғи жағдайдан біршама ауытқуы көктемгі маусымда төмендеу бағытында тіркелгенімен, температураның көтерілуінде қысқарып, кіші-гірім ғана көрсеткіштерге ғана өзгерген. Гидрологиялық режимнің өзгеру кезеңіндегі су температурасының төмендеу бағыты сәуір-шілде айларына сәйкес келеді. Судың температурасы табиғи көрсеткіштерден 1,4...8,3 °С аралығында ауытқыған. Сәуір айындағы температураның айырмашылығы 4,9 °С -ге тіркелген. Табиғи жағдайдағы судың температурасы 10,8° болса, Қапшағай бөгенінің өзен суымен реттелуі нәтижесінде 5,9 °С -ге төмендей түскен. Әсіресе су температурасының ең үлкен ауытқуы мамыр айына сәйкес келеді, температураның айырмашылығы 8,3 °. Өзен экожүйесінің табиғи қалпындағы 18,2 °С температураның орнын өзгерген гидрологиялық режимде 9,9 °С басқан. Сонымен қатар маусым айындағы температураның мәні табиғи жағдайда 21,9 ° болғанымен, қазіргі уақытта 17,5 °С шамасындағы көрсеткіш тіркелген. Нәтижесінде табиғи және өзгерген гидрологиялық режимнің айырмашылығы 4,4 °С. Ал шілде айындағы тем-

ператураның айырмашылығы 1,4 °С -ге қысқара түскен. Өзгерген гидрологиялық режимдегі температураның көтерілуі тамызайларынан бастап орын алғанымен, температураның айырмашылығы бұл айда небәрі 1,1 °С құрайды. Қыркүйек айынан бастап табиғи жағдайдағы температураның мәнінен ауытқу қалпы айқындала түскен. Су температурасының ауытқуы 1,1...3,6 °С шамасында. Мәселен, қыркүйекте табиғи гидрологиялық режимдегі судың температурасы 16,2 °С шамасында болғанымен, Қапшағай бөгенінің әсерінен бұл көрсеткіш 19,4 °С -ге дейін көтерілген. Әсіресе температураның ең үлкен айырмашылығы қазан айында 3,6 °С -ге тіркелген. Табиғи гидрологиялық режимде тіркелген 11,3 °С температураның орнына, қазіргі уақытта 14,9 °С -ге күрт көтерілуі байқалған. Сол сияқты қараша айында температураның айырмашылығы 2 °С құрайды.

Жылдың 95 % қамтамасыздығындағы Қапшағай бөгенінің әсерінен қалыптасқан гидрологиялық режимнің өзгеруі кезеңінде су температурасының табиғи жағдайдан төмендеуі сәуір-маусым айларында, ал керісінше көтерілу бағыты қыркүйек-қараша айларында айқын байқалады. Жыл ішіндегі температураның ауытқуы 1,7...6,9 °С аралығында. Өзгерген гидрологиялық режимдегі су температурасының төмендеу бағытындағы ең үлкен ауытқуы сәуір және мамыр айларына сәйкес келеді. Мәселен, сәуір айындағы өзен суы реттелмей тұрғанда судың температурасы 10,7 °С шамасында болғанымен, қазіргі уақытта 7,7 °С -ге төмендей түскен. Әсіресе температураның ең үлкен айырмашылығы мамыр айында тіркелген, яғни табиғи қалыптан 4,4 °С -ге ауытқыған. Егер табиғи гидрологиялық режимде 17 °С шамасында болса, ал өзгерген гидрологиялық режимде 12,6 °С -ге күрт төмендеу жағдайы тіркелді. Ал маусым айындағы температураның айырмашылығы 1,7 °С -ге қысқара түскен. Табиғи және өзгерген гидрологиялық режимдегі температураның көрсеткіштері шілде, тамыз айларында өзара теңесіп, мәндері кіші-гірім шамаға ғана ауытқыған. Ал су температурасының табиғи қалыптан көтерілуі қыркүйек айынан бастап айқындала түседі. Қыркүйек айындағы Қапшағай бөгенінің әсерінен қалыптасқан кезеңде температураның 2,3° С-ге ауытқуы тіркелген. Ал қазан айынан бастап табиғи және өзгерген гидрологиялық режимнің айырмашылығы ұлғая түскен. Мәселен, қазан айындағы табиғи жағдайда тіркелген температураның мөлшері 8,6 °С болса, өзгерген гидрологиялық режимде бірден 13,6 °С -ге көтерілген. Нәтижесінде температураның айырмашылығы 5°. Әсіресе су температурасының ең үлкен ауытқуы

караша айына сәйкес келеді, яғни $6,9^{\circ}\text{C}$ -ге тіркелген. Бұл айдағы бұрынғы $0,9^{\circ}$ шамасындағы температураның орнына өзгерген гидрологиялық режимде $7,8^{\circ}\text{C}$ көрсеткіші тіркелген.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, өзеннің Қапшағай тұстамасындағы температураның жыл ішіндегі бөлінуі жылдың барлық сулылықтарында да бөгеннің әсерінен табиғи көрсеткіштерден айқын ауытқуға ұшыраған. Өзеннің төменгі бөлігінде орналасқан Үшжарма тұстамасында да Қапшағай бөгенінің су температурасының жыл бойылық бөлінуіне әсері айқын байқалады (Кесте). Қапшағай тұстамасындағы жағдай мұнда да қалыптасқан. Атап айтқанда, өзен суының реттелуі нәтижесінде судың температурасы табиғи шамадан көктемде төмендесе, ал күзде көтерілу бағыты орын алған. Дегенменде бөген маңындағы температураның ауытқуына қарағанда біршама азая түскен.

Іле өзенінің ұзындығы бойынша термикалық режимнің Қапшағай бөгенінің әсерінен өзгеру динамикасын талдау нәтижелері көрсеткендей, өзеннің төменгі бөлігіндегі Қапшағай және Үшжарма тұстамаларында табиғи гидрологиялық режимдегі температура көрсеткіштерінен ең үлкен ауытқу жағдайы мамыр мен қараша айларына сәйкес келеді. Атап айтқанда, өзен суының бөген арқылы реттелуі салдарынан сәуір-маусым айларында су температурасының төмендеуі қалыптасса, ал қыркүйек-қараша айларында табиғи температураға қарағанда көтерілуі тіркелді. Шілде мен тамыз айларында табиғи және өзгерген гидрологиялық режимде де өзара теңесуі байқалды.

Сонымен зерттеу нәтижелері көрсеткендей, Қапшағай бөгені іске қосылғаннан кейінгі кезеңде температураның жыл ішінде таралуындағы өзгерістер жылдың барлық сулылықтарына тән болып отыр. Өзгерген гидрологиялық режимдегі су температурасының жыл ішіндегі таралуының түбегейлі бұзылуын Қапшағай бөгеніндегі жылудың маусымға байланысты тік қабатталу құбылысымен түсіндіруге болады. Өйткені қазіргі уақытта Қапшағай бөгені өзеннің термикалық режимінде көктемгі-жазғы кезеңінде салқындатқыш, ал күзгі-қысқы маусымда жылытқыш ролін атқарып отыр.

Қапшағай бөгенінің төменгі бөбегіндегі температураның өзгерістері маусымдық стратификацияға тікелей байланысты. Көктемде бөгенде тура стратификация қалыптасады, яғни температура судың бетінен түбіне қарай біртіндеп төмендейді. Су электр станциясының су бөгейтін турбиналары біршама тереңдікте орналасқандықтан, бөгеннің

төменгі қабатындағы салқын суды пайдаланады. Нәтижесінде бөгет маңында жоғарғы бьефтағы суга қарағанда салыстырмалы түрде оң мәндегі төменгі көрсеткішті температурадағы су қалыптасады. Ал күзгі-қысқы кезеңде бөгенде кері стратификацияның орын алуына байланысты, судың температурасы беткі бөліктен түпкі бағытында көтеріледі. Сондықтанда өзеннің төменгі бөлігінде су температурасының көтерілу бағыты орын алған. Су температурасының жыл ішінде бұлай ауытқуы өз кезегінде өзен экожүйесінің қызметіне кері әсер етеді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Водохранилища мира и их воздействие на окружающую среду. – М.: Наука, 1986. – 366 с.
2. Гречушникова М.Г. Изменчивость термического состояния Можайского водохранилища в вегетационный период: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук. – М., 2002. – 23с.
3. Леонов Е.А. Изменение термического режима рек под влиянием хозяйственной деятельности // Труды ГТИ. - 1977. – Вып. 23. - С. 49 - 77.
4. Яцык А.В. Шмаков В.М. Гидроэкология. - Киев: Урожай, 1992 – 192 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА р. ИЛИ

Канд. физ-мат. наук М.Ж. Бурлибаев
Ж.К. Турениязова

Опираясь на многолетние данные, рассматривается динамика внутригодового распределения температуры воды р. Или при различных обеспеченностях стока в период естественного и нарушенного гидрологического режима. В результате исследования выявлены коренные изменения термического режима под влиянием Капшагайского водохранилища.

УДК 502.628.19 (282.255.52)

**ҚАРАТАЛ ӨЗЕНІНІҢ НИТРИТ ИОНЫМЕН ЛАСТАНУЫН
АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ЖІКТЕУ**

А.У. Ортбаева

Беткі судың сапасын анықтау және қауіптілік класына қарай жіктеу әдісі бойынша Қаратал өзенінің нитрит ионымен ластануы зерттелді. Сулылықтың әртүрлі қамтамасыздығына байланысты өзгерген гидрологиялық режимдегі өзен суының ластану дәрежесі анықталып, жіктелді.

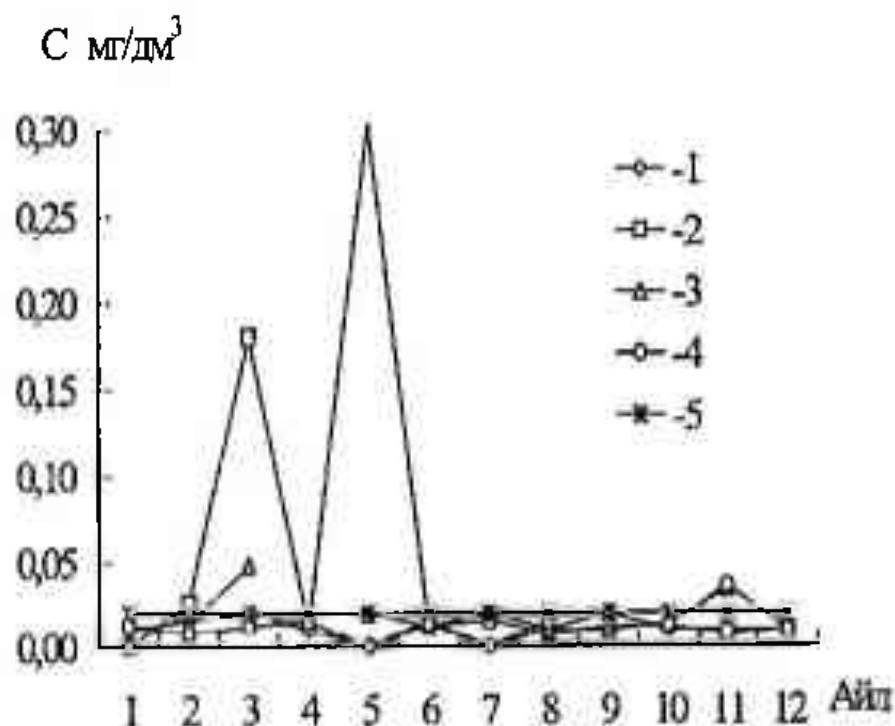
Өндірістік күштің қарқынды дамуы барысында табиғатты қорғау, соның ішінде су ресурстарын қорғау адамзат алдында аса маңызды міндет жүктейді. Антропогендік ластану дәрежесі қоршаған ортаның табиғи жолмен қалпына келу қабілетінен асып, қазіргі таңда экологиялық дағдарыс шиелене түсуіне себепші болып отыр. Әсіресе, шөлейт аймақтардағы әлсіз де тұрақсыз экожүйе тепе-теңдігі оңай бұзылады. Экологиялық мониторинг нәтижелері беткі судың биологиялық өзгешелігі су сапасымен анықталатындығына көз жеткізеді, соның ішінде су объектілерін ластанушы биогенді заттардың мөлшері біршама роль атқарады. Яғни, берілген жұмыстағы беткі судың нитрит ионымен ластануын зерттеу өзіндік маңызға ие болады.

Жұмыстың негізгі мақсаты, Қаратал өзенінің гидрологиялық режимінің антропогенді өзгеруін негізге ала отырып, сулылықтың әртүрлі қамтамасыздығындағы ағынның нитрит ионымен ластануына баға беру. Зерттеу жұмысы география ғылымының кандидаты М.Ж. Бүрлібаевтың ұсынған «Гидрохимиялық көрсеткіштер бойынша беткі су сапасына кешенді баға беру» әдістемесі негізінде жүргізілді [1]. Қаратал өзенінің Текелі қаласы және Талдықорған қаласы тұстамалары көп жылдың кесіндісінде және жылдық көрсеткіштер негізінде зерттелді.

Еліміздің барлық аумағындағы беткі су сапасы әуелден келе жатқан келеңді мәселелердің бірі. Бұл мәселе төнірегіндегі зерттеу жұмыстары теориялық қырынан қарастырылып, көптеген тәжірибелік тәсілдер ұсынылған. Мәселен, ССРО Гидрометеорология Мемлекеттік комитеті 1988 жылы жасаған «Гидрохимиялық көрсеткіштер бойынша

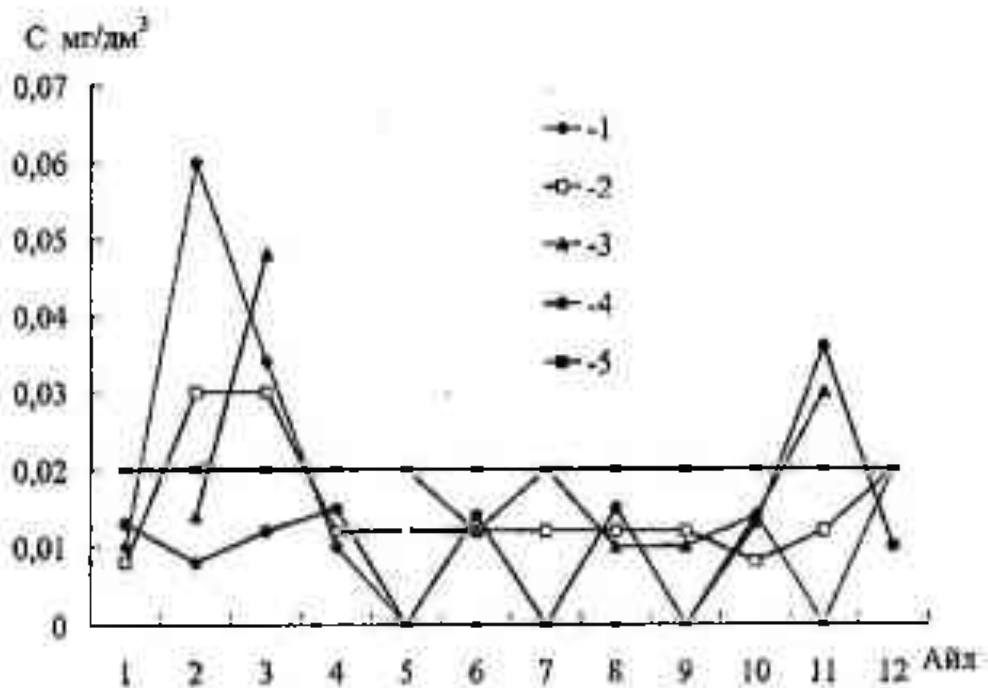
беткі және теңіз суларына кешенді баға беру» әдістемелік ұсынысы бойынша есептеу қатарына еріген оттегі мен оттегінің биохимиялық тұтынуының судың ластану индексі мен жылдың сулылық коэффициенті енгізіледі. Еріген оттегі, оттегін биохимиялық тұтыну (ОБТ) және оттегін химиялық тұтыну (ОХТ) көрсеткіштері тікелей ластаушылар қатарына кірмейді. Сондықтан, ластанудың жалпы көрнісі бұрмаланып, су объектісінің ластану дәрежесі азайтылып көрсетіледі. Су объектісінің еріген оттегімен қамтамасыз етілуін анықтау үшін еріген оттегі көрсеткіштерін жеке есептеу қажет. Ал ластаушы заттардың қауіптілік класына қарай жіктелуін жеті класқа бөлу 4680-88 санитарлық нормалар мен ережелеріне, сондай-ақ балық шаруашылығының нормалары талабына сай келмейді [1]. Зерттеу жұмысын жүргізуде негізге алынған [1] әдіс көмегімен беткі судың нақты немен ластанғандығына жауап аламыз. Өзен ағынының ластануын зерттеу үшін жылдан-жылға алып қарастырғаннан гөрі, ағынның классикалық қамтамасыздығына сүйеніп (P-25%, P-50%, P-75%, P-95%) жүргізу нақты нәтиже береді. Берілген жұмыста балық шаруашылығына пайдаланылатын ағын суларға арналған шекті рауалы концентрация (ШРК) қолданылды. Себебі, Қаратал өзені Балқаш көлінің негізгі салаларының бірі болып саналады. Сулылықтың әртүрлі қамтамасыздығында нитрит ионының таралуы Текелі қаласы мен Талдықоған қаласы тұстамаларында мынадай нәтижелер берді: Текелі қаласы гидрохимиялық тұстамасында сулылықтың 25% қамтамасыздығында, яғни көп сулы жылы нитрит ионының таралуы шекті мөлшерден аспаған (1 сур.). Нитрит ионының жыл ішінде таралуы мынадай: қаңтар - 0,01 мг/дм³, ақпан - 0,016 мг/дм³, наурыз - 0,02 мг/дм³, сәуір - 0,01 мг/дм³, мамыр - 0 мг/дм³, маусым - 0,016 мг/дм³, шілде - 0 мг/дм³, тамыз - 0,01 мг/дм³, қыркүйек - 0,02 мг/дм³, қазан - 0,01 мг/дм³, қараша - 0,0 мг/дм³, желтоқсан - 0,01 мг/дм³. Сулылықтың 50% қамтамасыздығында нитрит ионының шоғырлануы наурыз (0,18 мг/дм³) бен мамыр айларында (0,304 мг/дм³) шекті рауалы концентрациясынан асқан. Кестеде көрсетілгендей, нитрит ионының мөлшері көктем айларында өскен. Осы жылдың өзге айларында мынадай деңгейде: қаңтар - 0 мг/дм³, ақпан - 0,026 мг/дм³, сәуір - 0,012 мг/дм³, маусым - 0,012 мг/дм³, шілде - 0,016 мг/дм³, тамыз - 0,008 мг/дм³, қыркүйек - 0,012 мг/дм³, қазан - 0,012 мг/дм³, қараша - 0,008 мг/дм³, желтоқсан - 0,01 мг/дм³. Сулылықтың 75% -тік қамтамасыздығында нитрит ионының айлық көрсеткіштері мынадай: ақпан - 0,014 мг/дм³, наурыз - 0,048 мг/дм³, мамыр - 0,02 мг/дм³, маусым -

0,012 мг/дм³, шілде - 0,02 мг/дм³, тамыз - 0,01 мг/дм³, қыркүйек - 0,01 мг/дм³, қазан - 0,014 мг/дм³, қараша - 0,034 мг/дм³. Наурыз айында 2 есеге, қараша айында 1,5 есеге шекті мөлшерден өскендігі тіркелген. Аз сулы жылы ($P = 95\%$) нитрит ионы қараша айында шекті мөлшердегі шоғырланудан 3 есеге (0,036 мг/дм³) өскендігі байқалады. Өзге айларда мынадай нәтижелер тіркелген: қаңтар - 0,013 мг/дм³, ақпан - 0,008 мг/дм³, наурыз - 0,012 мг/дм³, сәуір - 0,015 мг/дм³, мамыр - 0,0 мг/дм³, маусым - 0,014 мг/дм³, шілде - 0 мг/дм³, тамыз - 0,015 мг/дм³, қазан - 0,013 мг/дм³, желтоқсан - 0,01 мг/дм³.



Сур. 1. Текелі тұстамасы бойынша ағынның әртүрлі қамтамасыздығындағы нитрит ионының жылдық таралуы. 1 - $P = 25\%$, 2 - $P = 50\%$, 3 - $P = 75\%$, 4 - $P = 95\%$, 5 - ШРК.

Талдықорған қаласы гидрохимиялық тұстамасында сулылықтың 25%-тік қамтамасыздығында нитрит ионының жыл ішінде таралуы әркелкі: қаңтар - 0,01 мг/дм³, ақпан - 0,06 мг/дм³, наурыз - 0,034 мг/дм³, сәуір - 0,01 мг/дм³, мамыр - 0 мг/дм³, маусым - 0 мг/дм³, шілде - 0 мг/дм³, тамыз - 0 мг/дм³, қыркүйек - 0 мг/дм³, қазан - 0,014 мг/дм³, қараша - 0 мг/дм³, желтоқсан - 0,02 мг/дм³. Нитрит ионы ақпан және наурыз айларында ШРК-дан аскандығын 2-ші суреттен көруге болады. Орташа сулы, яғни 50 %-тік қамтамасыздықтағы нитрит ионы мөлшерінің ауытқуында мол сулы жылмен ұқсастықтарды көруге болады.



Сур. 2. Талдықорған тұстамасы бойынша ағынның әртүрлі қамтамасыздығындағы нитрит ионының жылдық таралуы. 1 – $P = 25\%$, 2 – $P = 50\%$, 3 – $P = 75\%$, 4 – $P = 95\%$, 5 – ШРК.

Ақпан мен наурыз айларында ластану деңгейі шекті мөлшерден бір есе өсіп, $0,03 \text{ мг/дм}^3$ -ді құрайды. Басқа айларында айтарлықтай өзгеріс байқалмайды: қаңтар - $0,008 \text{ мг/дм}^3$, ақпан - $0,012 \text{ мг/дм}^3$, мамыр - $0,012 \text{ мг/дм}^3$, маусым - $0,012 \text{ мг/дм}^3$, шілде - $0,012 \text{ мг/дм}^3$, тамыз - $0,012 \text{ мг/дм}^3$, қыркүйек - $0,012 \text{ мг/дм}^3$, қазан - $0,008 \text{ мг/дм}^3$, қараша - $0,012 \text{ мг/дм}^3$, желтоқсан - $0,02 \text{ мг/дм}^3$. Сулылықтың 75% қамтамасыздығында осы тұстамадағы нитрит ионымен ластану наурыз ($0,04 \text{ мг/дм}^3$) және қараша ($0,03 \text{ мг/дм}^3$) айларында ШРК-дан ескен. Қалған айларда мынадай мәндерге ие болды: ақпан - $0,014 \text{ мг/дм}^3$, мамыр - $0,02 \text{ мг/дм}^3$, маусым - $0,012 \text{ мг/дм}^3$, шілде - $0,02 \text{ мг/дм}^3$, тамыз - $0,01 \text{ мг/дм}^3$, қыркүйек - $0,01 \text{ мг/дм}^3$, қазан - $0,014 \text{ мг/дм}^3$. Аз сулы, яғни сулылықтың 95% -тік қамтамасыздығындағы нитрит ионының мөлшері қараша айында $0,036 \text{ мг/дм}^3$ -ды құрайды. Осы жылдың басқа айлары мынандай мәндерді көрсетеді: қаңтар - $0,013 \text{ мг/дм}^3$, ақпан - $0,008 \text{ мг/дм}^3$, наурыз - $0,012 \text{ мг/дм}^3$, сәуір - $0,015 \text{ мг/дм}^3$, мамыр - 0 мг/дм^3 , маусым - $0,014 \text{ мг/дм}^3$, шілде - 0 мг/дм^3 , тамыз - $0,015 \text{ мг/дм}^3$, қыркүйек - 0 мг/дм^3 , қазан - $0,018 \text{ мг/дм}^3$, желтоқсан - $0,01 \text{ мг/дм}^3$. Берілген суреттердегі мәліметтерге көңіл аударсақ, әр тұстамалардағы нитрит ионының таралуындағы үқсастық, ластану деңгейінің ШРК ауытқуы көктем-күз мезгілдеріне сәйкес келеді. Мұның себебі, ауыл шаруашылығының тыңайтылатын жерлерінен келін

түсетін судағы тыңайтқыштың құрамының күрт өсуімен байланысты. Бұл аймақтағы жаппай төгіндінің негізгі көзі Үштөбе күріш алқаптарынан және басқа да қолдан сугарылатын аумақтардан келіп түсетін коллекторлы-дренаж сулары. Сондай-ақ, бұл аудандарда мал шаруашылығы да кеңінен дамыған. Әсіресе, қыс айларында ірі қара мал қораларынан шығарылатын көңнің өзен суын ластауда едәуір үлесі бар.

Қаратал өзенінің нитрит ионымен ластануына баға беру және жіктеу Қазақстан Республикасы аумағында күші бар «Беткі суды ластанудан қорғаудың санитарлық нормалары мен ережелері» талабына сай жасалды.

Кестеде көрсетілген зерттеу нәтижелері бойынша сулылықтың 25%-тік қамтамасыздығында Текелі қаласы тұстамасында нитрит ионы бойынша СЛИ 1,1-1,2 –ні құрады. Ал орташа жылдық СЛИ 0,6-ға тең. Жоғарыда атап кеткен санитарлық нормалар көрсеткіштеріне сай Текелі қаласы тұстамасында нитрит ионымен ластану 25%-тік қамтамасыздықта нормативті таза деп жіктелді. Ал Талдықорған қаласы тұстамасында нитрит ионының мөлшері наурыз айында ШРК-дан асып, СЛИ 1,7-ні құраған Орташа жылдық СЛИ 0,6-ға тең.

Сулылықтың 50%-тік қамтамасыздығында Текелі қаласы тұстамасында нитрит ионының судағы мөлшері едәуір өсіп, СЛИ-нің орташа жылдық көрсеткіші 2,5-ке тең. Бұл деңгейдегі ластану қауіптілігі бойынша орташа ластану класына жіктеледі. Берілген тұстамадағы нитрит ионының мөлшері наурыз айында СЛИ 9-ға және мамыр айында 15-ке тең болған.

Аз сулы және өте аз сулы жылдары (P-75%; P-95%) Текелі қаласы тұстамасында NO_2 ионымен ластану ШРК-нан аспағандықтан, нормативті таза деп жіктеледі.

Санитарлық нормалар мен ережелер талабына сай нормативті таза су пайдаланудың ешқандай түріне шек қойылмай, қолдануға жарамды деп саналады. Орташа ластану деңгейіндегі суға нормативті таза сумен салыстырғанда шаруашылық және ауыз су мақсатында пайдалануға бірқатар шек қойылады. Экологиялық тұрғыдан қарастырғанда, жергілікті халық денсаулығына зиян келтіретін қауіптілігі бойынша бірінші және екінші топқа жататын қосындылар, ал нитрит ионының қауіптілік дәрежесі екінші класқа жататындықтан, 04630-88 Санитарлық ережелер және нормаларға сәйкес мұндай қосындылар қауіптілігі жоғары ластаушы заттар деп танылады.

Текелі және Талдықорған тұстамалары бойынша өзен суының нитрит ионымен ластануын жіктеу

| Р, % | Тұстама | Ай | | | | | | | | | | | | Орташа жылдық нитрит ионының мөлдірі | Қауіптілік классы |
|------|-------------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|------|------|-----|--|----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| 25 | Текелі | 0,5 | 0,8 | 1,1 | 0,5 | 0 | 0,8 | 0 | 0,5 | 1,2 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 2 |
| 25 | Талдықорған | 0,5 | 3 | 1,7 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,8 | 0 | 1 | 0,6 | 2 |
| 50 | Текелі | 0 | 1,3 | 9 | 0,5 | 15 | 0,5 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 2,5 | 3 |
| 50 | Талдықорған | 0,04 | 1,5 | 1,5 | 0,6 | 0,06 | 0,6 | 0,6 | 0,06 | 0,6 | 0,04 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 2 |
| 75 | Текелі | ж | 0,7 | 2,4 | ж | 1 | 0,6 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,04 | 0,5 | 0,6 | 2 |
| 75 | Талдықорған | 0 | 0,7 | 2 | 0 | 1 | 0,6 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 1,5 | 0 | 0,7 | 2 |
| 95 | Текелі | 0,6 | 0,04 | 0,6 | 0,7 | 0 | 0,7 | 0 | 0,7 | - | 0,6 | 1,8 | 0,5 | 0,5 | 2 |
| 95 | Талдықорған | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0 | 0,7 | 0 | 0,7 | 0 | 0,6 | 1,8 | 0,5 | 0,6 | 2 |

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, Текелі тұстамасындағы сулылықтың 50%-тік камтамасыздығындағы орташа сулы жылы нитрит ионы ШРК-дан едәуір мөлшерде асып, қоршаған ортаға қауіпті деңгейге жеткен. Аз сулы және өте аз сулы жылдары да бұл тұстамада ластану байқалады. Талдықорған қаласы тұстамасында жоғарыда аталған тұстамамен салыстырғанда ластану деңгейі шамамен 1-3 СЛІ аралығында өзгереді. Мұнда байқалатын кері құбылыс, сулылықтың 25%-тік камтамасыздығында өзен суының табиғи тазалану қабілетінің артуына карамастан ластанудың салыстырмалы жоғары көрсеткіші тіркелген. Мұндай табиғи гидрологиялық режимге карама-қайшылық табиғатқа түсетін антропогендік жүктеменің артуымен түсіндіріледі.

NO_2 табиғи суда тұрақсыз компонент болғандықтан, табиғи суда аз мөлшерде кездеседі, себебі қалыпты жағдайда автотрофты бактериялар көмегімен нитрификацияланады. Сондықтан, NO_2 –нің бір формада ұзақ сақталмай, нитратқа айналатындығын ескерсек, алынған мәліметтеріміз Қаратал өзенінде нитрит ионымен жаңа ластану жүргендігінің дәлелі.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. С. К. Базарбаев, М. Ж. Бурлибаев, Т. К. Кудеков, Е. Ж. Муртазин Современное состояние загрязнения основных водотоков Казахстана ионами тяжелых металлов. Алматы: Канагат, 2002. - 130 с.
2. Химия окружающей среды. М.: Химия, 1982. - 322 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ КАРАТАЛ ИОНАМИ НИТРИТОВ

А.У. Ортбаева

На основе метода определения и классификации качества поверхностных вод проведено исследование загрязнения р. Каратал ионами нитритов. Определен уровень загрязнения реки для различной обеспеченности стока при нарушенном гидрологическом режиме

УДК 551.311.21

**КІШІ АЛМАТЫ ӨЗЕНІ АЛАБЫНДА ҚАЛЫПТАСҚАН СЕЛ
ҚҰБЫЛЫСТАРЫНА ШОЛУ**

Геогр. ғылымд. докторы М.М. Молдахметов
А. К. Мусина

Кіші Алматы өзені алабында өр кезеңдерде жүрген сел құбылыстарына ретроспекциялық талдау жасалып, түрлі санаттағы лайлы-тасты сел тасқындарының орташа қайталанғыштығы анықталды және жылдық үлестірімі бағаланды.

Беделбай және Батарейка өзені алаптарындағы уақытша сел құбылыстарының пайда болу заңдылықтарын анықтау үшін зерттелетін аудан бойынша барлық мәліметтер жинақталып, қаралды. Олар: Қазгидромет және “Қазселденқорғау” бекеттерінде бақыланған архивтік мәліметтер, “Қазселденқорғау” және басқа ұйымдар арқылы жүзеге асырылған арнайы зерттеулердің қорлық мәліметтері, жарияланған мақалалар мен монографиялар [1, 3, 6].

Қолда бар ақпарат толық емес, қысқа мерзімді камтиды және өр түрлі уақыт аралықтарына қатысты, көбінесе мәселенің жекелеген сұрақтарын қарастыруға негізделген. Сондықтан зерттеліп отырған ауданда сел байқалу құбылысының уақытша қатар тізбегін құрастыру кезең-кезеңмен жүргізілді. Алдымен қолда бар деректер белгілі бір уақыт аралығы үшін барынша жеткілікті болса, олар сарапталып сел құбылысының туындау заңдылықтары анықталды. Деректер жеткіліксіз немесе мүлде жоқ болған жағдайда осы айқындалған заңдылықтарды басқа уақыт аралықтарына қолданудың қажеттілігі негізделді. Сараптау кезінде тікелей Беделбай және Батарейка өзен алаптарына қатысты ақпаратпен қоса, Кіші Алматы өзені алабы бойынша мәліметтер толығымен, сондай-ақ Іле Алатауының басқа да өзендерінің кейбір мәліметтері қарастырылды.

Қазгидромет мекемесінің бекеттерінде 1942...1971 жж. аралығында Беделбай және Батарейка өзені алаптарындағы гидрометеорологиялық режимге бақылау жүргізілген. 1972...1992 жж. аралығында Қазгидромет желісінде гидрометеорологиялық бақылаулар тек Батарейка өзені алабында жүргізілген. “Қазселденқорғау” мекемесі осы ауданда 1975 жылдан бастап жекелеген уақыт аралықтарында бақылаулар мен зерттеулер жүргізді. Негізінде Кіші Алматы өзені алабының таулы ауданындағы гидрометеорологиялық жағдайға тұрақты режимдік бақылаулар өткен ғасырдың 20 жылдарынан басталып, 1990 ж. дейін бекет желісінің біртіндеп қанат жайып кеңеюі және қазіргі кездегі олардың санының қысқаруы аралығында жүргізіліп келді. Бірінші талданатын кезең 1942...1971 жж. арналады.

Уақытша сел құбылыстарының пайда болу заңдылықтарын анықтау үшін Беделбай, Батарейка және Кіші Алматы өзендерінің өтімдік сипаттамалары зерттелді.

Зерттелу кезеңінде Беделбай және Батарейка өзендерінде лайлы-тасты тасқындар байқалмады, бірақ су тасулар мен лайлы сел тасқыны құбылыстары болып тұрды. Байқалған ең жоғары, орташаланған ең жоғары су өтімі, ең жоғары орташа айлық және орташа айлық су өтімінің қайталануын және мөнін, сонымен қатар ағынның сапалық тұрғыдан сипатталуы мен олардың лайлылық сипатын ескере отырып, Беделбай өзені бойынша ең жоғарғы су өтімі 0,4...0,8 м³/сек және Батарейка өзені бойынша 0,6...1,0 м³/сек құраса, мұндай оқиғалар тасқындар тобына жатқызылды. Беделбай және Батарейка өзендерінің өте үлкен су өтімі мөндерімен сипатталатын (қамтамасыздығы 25 % аса) тасқындары селдік лайлы тасқын тобының әр түрлі санаттарына жатқызылды. Кіші Алматы өзені бойынша тасқындар тобына ең жоғары су өтімі 10 м³/с жететін жағдайлар, ал ең жоғары өтімінің мөні 10 м³/с асатын тасқындар - селдік лайлы тасқын құбылыстарына жатқызылды. Сонымен, талдауға Кіші Алматы өзеніндегі тұйықтаушы тұстама арқылы өтетін тасқындар мен сел құбылыстары ішінен еріген қар суы мен жаңбырдан және жаңбырдан қалыптасатын селдер қарастырылды.

Талданатын бірінші кезеңнің 30 жылы ішінде Беделбай өзенінде 8 лайлы сел тасқыны байқалған. Қарастырылып

отырған уақыт аралығының жеті жылында лайлы сел тасқындары (жалпы саны 8) байқалды: 1942, 1948, 1953, 1954, 1958, 1960, 1969 жж. (1942 жылы сел құбылысы 2 рет жүрді). Талданатын кезеңде жоғарғы су өтімі $4,30 \text{ м}^3/\text{сек}$ жететін ең ірі лайлы сел тасқыны (I санатты) 1969 ж. 30 мамырда байқалды. Қарастырылып отырған кезеңнің 40-50 жылдары селдің орташа өту жиілігі 3,3 жылда 1 рет болса, кейбір жағдайларда жыл сайын, кейде аралығы 5 жылға созылды. 60 жылдары селаралық кезең 9 жылды құрады.

Беделбай өзенінің жоғарыда аталған 8 лайлы тасқынының 7-еуі (80 %-дан көбі) Батарейка өзенінің лайлы сел тасқындарымен қатар жүрді. Тек қана бір рет 1953 ж. Беделбай өзенінде аса үлкен емес лайлы сел тасқыны байқалып, ал Батарейка өзенінде қарқындылығы бойынша оған жатпайтын су өтімінің көтерілуі байқалды.

Осы көрсетілген кезеңде лайлы сел тасқындары Батарейка өзенінде 11 рет, яғни Беделбай өзеніне қарағанда 1,4 есе көп қалыптасты. Мұнда бірінші санатты лайлы сел тасқыны 1969 ж. 30 мамырда байқалып, оның ең жоғары өтімі $9,6 \text{ м}^3/\text{с}$ құрады, ал ең жоғары өтімі $3,0 \text{ м}^3/\text{с}$ екінші санатты лайлы сел тасқыны 1948 ж. байқалды. Батарейка өзенінде қалыптасқан лайлы сел тасқынының басым көпшілігі мамыр айында, біразы маусым айында тіркелген, ал сәуір айында өте аз байқалады. Батарейка өзеніндегі лайлы сел тасқынының жетеуі Беделбай өзеніндегі тасқындармен қатар жүрді. Батарейка өзеніндегі жергілікті жерге тән төрт лайлы сел сәуір және мамыр айларына өтті. Соның ішінде жергілікті жерге тән сел тасқынының біреуі екінші санатты, ал қалғандары орташа көлемді (үшінші санатты). Батарейка өзенінде жергілікті жерге тән сел тасқындары өткен уақытта Беделбай өзенінде ауқымы лайлы сел тасқынына жетпейтін тасқындар байқалды. Жоғарыда көрсетілген Батарейка өзеніндегі 11 сел тасқын 8 жыл аралығында тіркелді, яғни оның үшеуі маусымына 2 реттен өтті. Лайлы сел тасқыны мұнда 1942, 1947, 1948, 1952, 1954, 1958, 1960, 1969 жж. аралығында байқалды. 1940-1950 жж. лайлы сел тасқындарының орташа өту жиілігі 1,9 жылда 1 ретті құрады. 1961 жылдан 1969 жылға дейін орташа тасқындар болғанымен, лайлы сел тасқыны байқалмады.

Қарастырылып отырған кезеңде Кіші Алматы өзені алабында жергілікті жерге тән орташа көлемді екі сел құбылысы байқалды (1953 ж. Горельник өзенінде, 1954 ж. Кімасар және Бутаковка өзендерінде). Бұлардың біріншісіне Беделбай өзенінде өткен орташа көлемді лайлы сел тасқыны және Кіші Алматы және Батарейка өзендеріндегі тасқындар, ал екіншісіне осы үш өзенде өткен орташа көлемді лайлы сел тасқындары сәйкес келеді. Кіші Алматы өзенінде бұлардан басқа тағы 12 лайлы сел тасқынының өткендігі байқалды. Екі сел тасқынының (1947 және 1969 жж.) ең жоғары су өтімі $30...35 \text{ м}^3/\text{с}$ (1 санатты) және екеуі $20 \text{ м}^3/\text{с}$ жуық (2 санатты) болды. Кіші Алматы өзенінде байқалған лайлы сел тасқындары өз алабында жүрген жергілікті сел құбылыстарына тәуелсіз. Лайлы тасқындардың 50 %-ға жуығы мамыр айында, 40 %-ға жуығы маусым айында және 20 %-дан кемі шілде айында байқалды; сәуір айында лайлы сел құбылыстары Кіші Алматы өзенінің тұйықтаушы тұстамасында мүлде тіркелмеген. Лайлы сел тасқыны қарастырылып отырған кезеңнің 9 жылында байқалды: 1942, 1947, 1948, 1950, 1954, 1958, 1959, 1960, 1969 жж., яғни 2,4 жылда 1 рет қайталанған. Сонымен, 13 жағдайдың 8-інде (62 %) Кіші Алматы өзеніндегі лайлы сел тасқындар Батарейка өзеніндегі лайлы сел тасқынының өту уақытымен сәйкес келді, ал соңғы 4-еуі Беделбай және Батарейка өзендеріндегі лайлы сел тасқынымен қабаттаса жүрді. Кіші Алматы өзенінде шілдеде сел жүріп, маусым аралығында сел құбылысы қайталанған кейбір жағдайларда, Беделбай және Батарейка өзендерінде лайлы сел тасқыны байқалмады. Кіші Алматы, Беделбай және Батарейка өзендерінде 1969 ж. бірінші санатты сел қабаттаса қатар жүрді. 1947 ж. Кіші Алматы өзенінде бірінші санатты сел тасқыны өту кезінде, Беделбай және Батарейка өзендерінде ауқымы үлкен болмаса да, лайлы сел тасқындары байқалды.

Талданып отырған кезеңде Беделбай және Батарейка өзендерінде 5 (3 санатты) лайлы сел тасқыны өткенде, Кіші Алматы өзенінде тек су тасу ғана байқалды. Олардың екеуі сәуір айына, ал үшеуі басқа даталарға сәйкес келеді.

Екінші талданатын кезең 1973...1992 жж. қамтиды.

Бұл кезеңде Беделбай өзені алабында гидрометеорологиялық бақылаулар жүргізілмегендіктен, уақытша сел пайда болу заңдылықтарын анықтау Кіші Алматы және Батарейка өзендері мәліметтерін талдаудың негізінде жүзеге асырылды.

1973...1992 жж. аралығында Батарейка өзенінде лайлы-тасты сел тасқындары байқалмады, бірақ алдыңғы кезеңде өткен сел жиілігіне (2,5 жылда 1 рет) жақын, яғни 8 лайлы сел тасқыны тіркелген. Лайлы сел тасқындарының кейде жыл сайын қайталанып, кейде 5 жылға дейін мүлде байқалмай кетуі орын алды. Селдің 1 жыл ішінде бірнеше рет өтуі тіркелген жоқ. Бірінші санатты сел құбылысы байқалмай, 2 санатты лайлы сел тасқыны 2 рет тіркелді, ал қалғандарының ауқымы аса үлкен болған жоқ. Батарейка өзенінде өткен 8 сел тасқындарының 7-еуі Кіші Алматы өзенінің аласа таулы зонасында байқалған лайлы сел тасқындары мен қатар жүрді.

Кіші Алматы өзені алабында осы кезеңде өте үлкен емес сел түзілудің біреуі 1987 ж. Медеу плотинасының жоғарғы жағында және жергілікті лайлы тасты сел тасқынының біреуі 1988 ж. Мыңжылқы бекеті аумағында байқалды. Кіші Алматы өзенінің таудан шыға берісінде, сонымен қатар бір-біріне сәйкес 3 және 1 санатты лайлы сел тасқындары байқалды, ал Батарейка өзенінде лайлы сел тасқыны тіркелген жоқ. Сонымен қатар, Кіші Алматы өзенінде тағы 12 лайлы сел тасқыны байқалып, олардың екеуі 2 санатты лайлы тасқын болды. Батарейка өзенінде өткен сел құбылыстарынан басқа Кіші Алматы өзенінде 7 лайлы сел тасқыны байқалды. Олардың екеуі сол жылдары өткен сел құбылыстарымен қатар (бірақ, өзге даталарда) байқалды. Кіші Алматының аласа таулы аймағында, Батарейка өзенінің қатысынсыз қалыптасқан үш сел құбылысының біреуі шілде айында тіркелген. Кіші Алматы және Батарейка өзендеріндегі сел тасқындарының қатар өтуі 2 санатты сел құбылыстарын кіріктіріп, Кіші Алматы өзеніндегі лайлы сел тасқынының жалпы санының 60 % құрайды, яғни бұл қатынас бірінші талданған кезеңдегі бақылауларға жақын.

Көрсетілген кезеңдегі сел құбылыстарын талдау негізінде және оларды бірінші кезең зерттеулерінің нәтижесімен салыстыра отырып, 1973...1992 жж. Беделбай өзенінде ең аз

дегенде 4...5 лайлы сел тасқыны орын алды деп жорамалдауға болады. Олар 2 санатты лайлы тасқындармен бірге 1973, 1979, 1988 және 1989 жылдар аралығында өтуі мүмкін.

Үшінші талданатын кезең 1993...2000 жж. арналады.

Бұл уақыт аралығында Беделбай және Батарейка өзенінде режимді бақылаулар жүргізілмеді, бірақ ірі лайлы, лайлы-тасты тасқындардың қалыптасу деректері тіркелді. Бұл өзендер алабында 1999 ж. апаттық сел тасқыны өткеннен кейін, “Қазселденқорғау” мекемесі арнайы мамандандырылған зерттеулер жүргізді [4].

Бұл кезеңдегі сел құбылыстарының уақыт аралық үлестірімін анықтау жоғарыда көрсетілген мәліметтер негізінде, сонымен қатар Кіші Алматы өзен алабының аласа таулы зонасындағы алдыңғы кезеңде қалыптасқан құбылыстар негізіндегі бақылаулар нәтижесінде жасалды.

Сегіз жылға созылған (1993...2000 жж.) үшінші талданатын кезеңде Кіші Алматы өзен алабында төрт сел құбылысы орын алды, соның ішінде Кіші Алматы өзенінің тұйықтаушы тұстамасынан 1999 ж. 14 шілдедегі лайлы сел тығыздығына жуық тығыздығы жоғары бір ірі лайлы сел тасқыны (1 санатты, өтімі $40 \text{ м}^3/\text{с}$ жақын); сол сияқты 1999 ж. 19 шілдедегі тасындыларының тығыздығы селге жақын, өтімі $15 \text{ м}^3/\text{с}$ асатын 2 санатты бір лайлы сел тасқыны және 1998 ж. 18 мамырда жоғары өтімі $18 \text{ м}^3/\text{с}$ 2 санатты лайлы тасқын өтті. Бұл кезеңнің ең басты ерекшелігі болып, Беделбай өзені бойынша 1 санатты өте ірі (апаттық) лайлы тасты сел тасқынының, Батарейка өзен алабының тұйықтаушы тұстамасынан сел түзілу кезінде 1 санатты ірі лайлы тасқынның, Кіші Алматы өзенінің арна бөлігі бойынша лайлы тасты сел тасқынның 1999 ж. 14 шілдеде тұйықтаушы тұстамаға лайлы сел тасқыны болып ұласып өтуі табылады.

Бұл талданған кезеңде аса үлкен сел оқиғаларының болғанына карамастан, селдің жалпы уақыт аралық үлестірімнің заңдылықтары өзгеріссіз қалды. Атап айтқанда, Кіші Алматы өзенінің тұйықтаушы тұстамасында тіркелген сел құбылыстарының орташа қайталану жиілігі осы кезеңде 2 жылда бір реттен және жоғарыда айтылған бірінші және екінші кезеңде айқындалған шамаларға жуық болды. Алапта өткен барлық сел

құбылыстары үш жылға (1996, 1998, 1999 жж) тура келді. 1999 ж. олар 2 рет қайталанды. Ең жоғары сел аралық уақыт 7 жылды құрайды. Кіші Алматы және Батарейка өзендері алабындағы сел құбылыстарының қатар қалыптасуы Кіші Алматы өзенінің таудан шыға берісінде тіркелген сел құбылыстарының 60 %-ға жуығын құрайды. Батарейка өзенінде сел құбылыстары жүргенде бұл құбылыс Беделбай өзенінде де тіркелді. Соның бірінде қос өзенде 1 санатты лайлы тасқынның қатар өтуі байқалды. Екінші жағдайда Беделбай өзенінде күшті лайлы тасқын қалыптасқанда Батарейка өзенінде бірінші санатты лайлы сел тасқыны байқалды. Бұдан Беделбай өзені алабының Батарейка өзені алабымен салыстырғанда селдік қауіптілігі өте жоғары деген қорытынды жасауға болады.

Төртінші талданатын кезең 1902...1941 жж. қамтиды.

Алдыңғы кезеңдегідей бұл кезеңде Беделбай және Батарейка өзендер алабының гидрологиялық режимінің мәліметтері және кейбір сел құбылыстары жөніндегі үзік-үзік мәліметтермен шектеледі. Алдыңғы кезеңдерден айырмашылығы, Кіші Алматы өзені алабы бойынша мәліметтер, әсіресе 20-ғасырдың алғашқы екі онжылдығы үшін толық емес. Соған қарамастан осы кезеңде орын алған негізгі сел құбылыстары қолда бар мәліметтер арқылы айқындалды деп айтуға болады.

Талданған кезеңнің 40 жылы ішінде Кіші Алматы өзенінің тұйықтаушы тұстамасы арқылы 11 сел тасқыны өтті. Олардың ішінде біреуі 1921 ж. болған лайлы-тасты апатты тасқын, төрт (мүмкін бес) 1 санатты лайлы тасқын, 2 санатты төрт сел тасқыны және 3 санатты екі лайлы тасқын. Талданған кезеңдегі сел құбылыстарының орташа қайталануы 3,6 жылда бір ретті құрайды. Шын мәнінде одан да көп болуы мүмкін, өйткені 1902 ж-дан 1921 ж-ға дейінгі сел құбылыстары жайлы мәлімет толық емес. Ал 1921...1941 жж. аралығында әр түрлі құрамдағы сел тасқынның орташа қайталану жиілігі 2,3 жылда бір ретті құрайды.

Беделбай және Батарейка өзендер алабында (әр түрлі мәлімет көздерінен алынған үзік-үзік, бірақ жеткілікті дәрежеде сенімді мәліметтер бойынша) ең кем дегенде төрт сел құбылысы орын алды. Ең бірінші бұл 1921 ж. 1 санатты лайлы-тасты сел тасқыны және 1941, 1936, 1918 жж. 2 санатты лайлы тасқындар. Сондай-ақ әр түрлі санаттағы сел құбылыстары 1902, 1931, 1932

жж. қалыптасып, жалпы саны алтыға жетуі мүмкін, бұл Кіші Алматы өзенінің таудан шыға берісінде тіркелген сел құбылыстарының 66 %-ын құрайды. Беделбай өзенінде (бұрын айқындалған заңдылықтарға сай) 4-5 сел құбылысы орын алуы ықтимал. 1921 жылы мұнда тек қуатты апаттық қана емес, сонымен қатар өтімі бойынша Батарейка өзенінде байқалған селден асып түсетін лайлы-тасты тасқынның болғаны белгілі. Беделбай және Батарейка өзендері бойынша 1941 және 1936 жж. лайлы тасқындардың қатар өткендігін дәлелдейтін мәліметтер бар.

Бесінші талданатын кезең 1902 ж. дейін Кіші Алматы өзен алабында орын алған сел құбылыстары жайлы мәліметтерді қамтиды.

Аумақты ең алғаш зерттеген зерттеушілер жазбаларынан [1, 6] жинақталған бұл мәліметтер сел шөгінділерінің жасын дендрохронологиялық және лихенометриялық әдістермен анықтау үшін арнайы жүргізілген жұмыстар бойынша, Алматы қаласын сел тасқынынан қорғайтын жобаны дайындау кезіндегі әр жылдарда жүргізілген тексерулер негізінде алынды. Олар толық болмағандықтан, қандайда бір статистикалық заңдылықты айқындауға жеткіліксіз. Соған қарамастан олардың Кіші Алматы өзен алабының және жанама түрде оның салалары Беделбай және Батарейка өзендерінің селдік қауіптілік дәрежесін бағалауда маңызы зор.

17...19 ғғ. кезеңінде Кіші Алматы өзені алабында ең аз дегенде 12 ірі сел құбылыстары орын алды. Олардың үшеуі (мүмкін төртеуі) 1 санатты қуатты лайлы-тасты сел тасқыны: біреуі - 17 ғасырда, жобамен біреуі - 18 ғасырда (1770...1780 жж.), екеуі - 19 ғасырда (1841, 1804 және 1880 жж. болуы мүмкін). Алаптың аласа және орташа таулы зонасында қалыптасқан сел құбылыстарының екеуі 1 санатты лайлы тасқын болып табылады. Ал қалғандары бұл алаптың қандай да бір ошағында қалыптасқан және Кіші Алматы өзенінің тұйықтаушы тұстамасында не 1 санатты лайлы тасқындардың, болмаса 3 санатты лайлы-тасты тасқындардың өтуін қамтамасыз ететін лайлы-тасты сел тасқындар.

Беделбай және Батарейка өзендері алабындағы сел құбылыстары жайлы мәлімет мүлде жоқ. Дегенмен, жоғарыда

қаралған кезендердегі талдау кезінде айқындалған жалпы заңдылықтардың негізінде әр түрлі ауқымдағы ұқсас сел тасқындары Беделбай және Батарейка өзендерінде де қалыптасты деп жорамалдауға болады. Беделбай, Батарейка өзендерінде және Кіші Алматы өзені алабында орын алған (нақты немесе жорамал бойынша) нөсерлік сел құбылыстары жайлы мәліметтерді кезендік талдаудың нәтижесінде (400 жылдық кезең үшін) олардың жалпы тізімі құрастырылды. Мақала көлемі шектеулі болғандықтан келтірілген жоқ.

Қарастырылған деректердің негізінде мынадай қорытынды жасалды: Беделбай өзенінде 17...20 ғғ. шамамен әр түрлі ауқымдағы 8 лайлы тасты тасқын орын алды деп ұйғарылды. Соңғы 100 жыл аралығында екі ірі лайлы-тасты сел (1921 және 1999 жж.) болғаны анық және 1902 жылы жоғары дәрежеде анық жобаланған бір жағдай белгілі. Сөйтіп, лайлы-тасты селдің осы алапта орташа қайталануы 30 жылда 1 рет, ал қуатты апаттық сел 50 жылда 1 рет қайталады.

Сонымен қатар Беделбай өзені алабындағы лайлы тасты селдер негізгі өзен арнасы бойынша тасқынның жиынтық селдік өтімінің өсуіне ықпал ете отырып, Кіші Алматы өзені алабының басқа ошақтарындағы сел түзілу процестерімен қатар байқалуы мүмкін (1921, 1902 жж.). Дегенмен, Кіші Алматы өзенінің түйықтаушы тұстамасы арқылы өтетін лайлы-тасты тасқындарды қоса алғанда, олар жергілікті жерде ғана қалыптасуы мүмкін (1999 ж.).

Қуаты әр түрлі дәрежедегі лайлы тасқындар Беделбай өзені алабында соңғы жүз жыл аралығында 25 рет байқалды, оның кем дегенде он бесінің қалыптасуы жайлы деректер жеткілікті дәрежеде нақты. Олардың бесеуі Кіші Алматы өзенінің басқа салаларындағы сел ошақтарында қалыптасқан орташа көлемдегі жергілікті лайлы-тасты селдермен қатар өткен сел тасқындары. Бұл Кіші Алматы өзені алабындағы жергілікті лайлы-тасты сел санының 70 % құрайды. Кіші Алматы өзені алабының түрлі ошақтарында орташа көлемдегі лайлы-тасты селдер жүрген басқа жағдайларда Беделбай өзенінде тек орташа көлемдегі су тасқындары байқалды. Беделбай өзенінде жоғарыда көрсетілгеннен (5) басқа жиырмадан аса лайлы су тасқыны өтті.

Олардың 60 %-ға жуығы Кіші Алматы өзенінің тұйықтаушы тұстамасынан өткен лайлы су тасқындарымен қатар байқалды. 1900-2000 жж. аралығында лайлы су тасқындар 4 жылда 1 рет, сел құбылысының кез-келгені 3,5 жылда 1 рет қайталанды. Сондай-ақ қуаты әртүрлі дәрежедегі сел құбылыстары 1 жылда 2-3 рет немесе жыл сайын, болмаса бірнеше жылда 1 рет байқалып отырды. Уақыт бойынша сел құбылыстарының біркелкі таралмауы жекелеген кезеңдермен (1973...1992, 1993...2000) салыстырғанда жүз жылдық кезеңде олардың орташа қайталану жиілігінің төмендегендігін анықтады. Жекелеген кезеңдерде ең үлкен үзіліс 15 жылдан да жоғары болады.

Беделбай өзені алабына қарағанда, Батарейка өзені алабында нәсерлік лайлы-тасты тасқындар өте сирек байқалды. Олардың 1921 ж. орын алғаны анық, бірақ 1999 ж. қалыптасқан жоқ. Кіші Алматы өзенінің тұйықтаушы тұстамасынан өткен және Беделбай өзені алабында орын алған сел тасқындарының қалған жағдайларына байланысты лайлы-тасты селдер Батарейка өзенінде 1841 ж. өтуі мүмкін. Демек, Батарейка өзенінде лайлы-тасты селдер Кіші Алматы өзенінің барлық алабында тұтастай сел қалыптасып және тұйықтаушы тұстамасы арқылы ірі (1 санатты) лайлы-тасты селдер өткен жағдайда қалыптасты. Батарейка өзені алабындағы лайлы-тасты селдердің орташа қайталану жиілігі жүз жылда 1 рет. Сонымен қатар, мұнда 1887 ж. жерсілкінісі кезінде сел түзілу процестері болды.

Батарейка өзенінде, керісінше, лайлы сел тасқындары жиі байқалды және олардың жалпы саны Беделбай өзеніне қарағанда артық. Соңғы жүз жыл аралығында мұнда 30-ға жуық сел тасқыны түзілді. Сонымен қатар, Батарейка өзеніндегі лайлы тасқындар Кіші Алматы өзенінің басқа салаларындағы жергілікті орташа көлемді сел тасқындарымен сирек үйлесті, бірақ оның аласа таулы алқаптағы қалыптасуы тұйықтаушы тұстамадағы лайлы селдермен жиі үйлесіп отырды. Тіркелген жағдайдың 10 %-ға жуығы тек Батарейка өзені алабында қалыптасқан орташа көлемдегі жергілікті сел тасқындары болып табылады.

Батарейка өзеніндегі лайлы сел 3 жылда 1 рет қайталанды. Бірақ, олар селдік қауіпті мезгіл аралығында 1 жылда бірнеше

реттен, жекелеген уақыт аралығында жыл сайын, не бірнеше жылда 1 реттен өтті.

Кіші Алматы өзені алабында 400-жылдық кезең аралығында түйықтаушы тұстама арқылы өткен аса ірі (сонымен қатар апаттық) нәсерлік лайлы-тасты тасқындар 9 рет (17 ғ., 1770...1780, 1804, 1841, 1870...1880, 1887, 1902, 1921, 1999 жж.), 200-жылдық кезеңде - 7 рет, ал соңғы жүз жылдықта 3 рет қалыптасты. Лайлы-тасты тасқындардың орташа қайталану жиілігі 30 жылда 1 рет. Сонымен қатар апаттық лайлы-тасты тасқындар 100 жылда 1 рет байқалды. Жекелеген ошақтарда қалыптасқан және Кіші Алматы өзенінің түйықтаушы тұстамасы арқылы қуаты өр түрлі лайлы тасқындардың өтуін туғызатын жергілікті лайлы-тасты сел тасқындары 400 жыл аралығында 11 рет (1690, 1750, 1837, 1850...1870, 1918, 1927, 1931, 1954, 1987, 1988, 1998 жж.), 200 жыл аралығында- 9, ал жүз жыл аралығында-7 рет орын алды. Яғни соңғы жүз жыл аралығында Кіші Алматы өзен алабында орта есеппен 10 жылда 1 рет лайлы-тасты сел тасқыны қалыптасып отырды. Сонымен қатар соңғы жүз жыл аралығында Кіші Алматы өзенінің түйықтаушы тұстамасы арқылы өткен 30-ға жуық лайлы сел тасқыны байқалды. Кіші Алматы өзенінің таудан шыға берісінде лайлы тасқындар орта есеппен 2,5 жылда 1 рет қайталанғанымен, сел құбылыстарының 9-15 жыл болмаған кезеңдері болып отырды, сондай-ақ олардың жыл сайын не 1 жылда бірнеше рет өтуі де байқалып отырды. Кіші Алматы өзеніндегі лайлы тасындылардың 60 %-ға жуығы Беделбай өзенінде және 70 %-ға жуығы Батарейка өзенінде өткен сел тасқындарымен қатар жүрді.

Сел құбылыстарының жылдық үлестірімі мынадай:

Беделбай өзені бойынша лайлы тасқындардың 50 %-ға жуығы мамыр айында байқалады. Бұл айға ең ірі сел тасқындардың, соның ішінде 1969 ж. байқалған ең жоғары сел тасқынының өтуі (ақырғысының жалпы саны бұл айда 1,5 есе көп болғанына қарамастан) сәйкес келеді. Маусым айында Беделбай өзеніндегі сел тасқындары қысқарып, жалпы санының 30 %-ын құрайды. Құбылыстардың қуаты да төмендейді. Бұл лайлы тасқындардың басым көпшілігі 3 санатты. Бұл кезде Кіші Алматы өзенінде лайлы тасқын 2 есе көп байқалады. Маусым

айында 15 %-ға жуық сел құбылыстары өтеді, атап айтқанда маусым айында мұнда ең ірі, соның ішінде апатты лайлы-тасты селдер, сонымен қатар ірі лайлы тасқындардың өтуі байқалады.

Батарейка өзенінде сел құбылыстарының жалпы санының 45 %-ға жуығы өтетін ең белсенді ай - мамыр болып табылады. Бұл уақытта ірі лайлы тасқындар өтеді. Сәуір, маусым, шілде айларында сел құбылыстарының теңдей бөлігі - 15 %-ы байқалады. Бірақ шілдеде бұл лайлы-тасты және ірі лайлы селдер болса, сәуір және маусым айларында тек қуаты орташа лайлы тасқындар болып табылады. Батарейка және Кіші Алматы өзендеріндегі сәуір және мамыр айында байқалған лайлы тасқындардың қатар өтуі жиілігі, шілде айында төмендейді.

Кіші Алматы өзенінде мамыр-шілде айларындағы сел құбылыстарының саны тиісінше 35, 30, 25 %-ды құрайды. Сонымен қатар, мамыр, маусым айларында аласа таулы алқап алабында қалыптасқан ірі лайлы тасқындардың көбі Батарейка және Беделбай алаптарына тиесілі. Кіші Алматы өзеніндегі маусым айындағы сел құбылыстары лайлы тасты тасқындардың (ірі апаттық, және орташа көлемдегі жергілікті) қалыптасуымен байланысты. Соңғы жағдайда Кіші Алматы өзенінің таудан шыға берісінде орташа көлемдегі лайлы-тасты сел не лайлы тасқындар байқалуы мүмкін.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Городецкий В.Д. Причины Алма-Атинской катастрофы 8 июля 1921 г. // Вестник Центрального музея Казахстана. – Алма-Ата. – 1930. - № 1. – С. 23-40.
2. Дуйсенов Е.Д. Селевые потоки в Заилийском Алатау. – Алма-Ата. – 1971. – 192 с.
3. Киренская Т.Л. О прогнозировании ливневых селей в Заилийском Алатау. // Селевые потоки. – 1985. - Сб. 9. - С. 77-84.
4. Киренская Т.Л., Молдахметов М.М., Машукова Н.К. Условия формирования селевых явлений в бассейнах рек Беделбай и Батарейка (бассейн р. Малая Алматинка, Заилийский Алатау) // Природные и социальные проблемы географии аридных территории. Материалы научно-практич. конференции «Жандаевские чтения», 24-25 мая 2001г. С. 113-117.

5. Медеуов А., Колотилин Н.Ф., Керемкулов В.А. Сели Казахстана. – Алматы. – 1993. – 157 с.
6. Мушкетов И.В. Верненское землетрясение 28 мая (9 июня) 1887 г. // Труды Геолкома. Т.Х. - № 1. – СПб. – 1890. 140 с.

өл-Фараби атындағы ҚазҰУ

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ В БАС- СЕЙНЕ РЕКИ МАЛАЯ АЛМАТИНКА

Канд. геогр. наук М.М. Молдахметов
 А.К. Мусина

В статье приведен ретроспективный анализ прошедших селей в бассейне реки Малая Алматинка в различные периоды, определена средняя частота повторяемости грязекаменных селевых потоков различной категории и оценено внутригодовое распределение селевых потоков.

УДК 551.311.21:627.141.1

**THE THEORY OF EXISTENCE OF DEBRIS-FLOW MIXTURE AS A
KEY COMPONENT IN COMPUTING DEBRIS-FLOW
CHARACTERISTICS**

Dr. B.S. Stepanov

It was established that the dependence between density of debris-flow mixture and minimum slope of the channel, such that the debris-flow mixture can move without stopping and disintegrating, is ambiguous. The theoretical and experimental researches made it possible to develop the basic model of debris-flow process which allows to compute the basic debris-flow characteristics (volume, discharge, density) all the way from the start to its stopping on the debris cone or in the mudflow-storages reservoir. Key component of this model is the theory of existence of debris-flow mixture by means of which the course of debris-flow process is determined (that is, if a debris flow moves it can be enriched by solid component or partially disintegrated).

During the last decades in Kazakhstan the principal direction of defence against debris flows was the construction of mudflow check-dams. The defence of potentially endangered areas requires reliable methods to assess behaviour of debris flows. However, only very crude methods are available at the present time. The theory of existence of debris-flow mixture can considerably improve quality of computation of debris-flow characteristics.

Debris flow modeling

For defence against debris flows the information on frequency, volume, discharge of debris flows, and density of debris-flow mixtures is required. If disastrous debris flows are of infrequent occurrence, the data on characteristics of debris flows can be obtained by means of modeling.

The model for computing the debris-flow characteristics includes the following blocks: critical conditions of debris-flow formation; entrainment of loose rocks enclosing a channel; granulometric composition of solid component of debris-flow mixture; viscosity; plasticity; density; velocity of debris flow; energy required for keeping of solid component in suspension; energy which

can be expended by a flow for keeping of solid component in suspension; deposition of solid component; stopping of debris-flow mixture.

Initial information for computing the debris-flow characteristics are: morphometric characteristics of starting zones and debris flow path; granulometric composition of loose rocks, their density, porosity, and humidity; data on stability of loose rocks to erosion; dependence of Bingham yield stress of suspension (mixture of water and particles which sizes do not exceed 1 mm) on concentration of solid component; water discharge in the main channel and its tributaries.

As a result of computing data on volume, discharge, velocity of debris flow, density of debris-flow mixture, its viscosity and Bingham yield stress, granulometric composition of solid component of debris-flow mixture can be obtained at any site on the debris flow path.

Key components of the model are the blocks which allow to evaluate condition of debris-flow mixture. This means to define the trend of debris flow development because the density of debris-flow mixture can increase or decrease.

The simplest example of determination of debris-flow characteristics is the case when the resistance to the movement of the debris flow depends upon the plastic property of the debris-flow mixture and the Coulomb friction. Debris-flow mixtures the movement of which is conditioned by overcoming the Coulomb friction come to a halt on the slopes exceeding 15-20°. The mixtures where a solid component is kept in quasi-suspension due to plastic property can shift on relatively slight slopes. To set them in motion it is sufficient to fulfill the inequality

$$H > \frac{\tau_m}{\rho_m g \sin \alpha}$$

where H = flow depth; τ_m = Bingham yield stress; ρ_m = density of debris-flow mixture; α = channel slope angle; and g = gravitational acceleration.

The movement of debris-flow mixture in which the solid component shifts in suspension due to the stream energy is of theoretical and practical interest. In the course of a debris flow movement two processes can take place. Involving in a debris-flow formation loose rocks, enclosing a channel and a deposition of a solid component of a debris-flow mixture. These processes depend on morphometric characteristics of a channel, discharge, and volume of debris flow, density of debris-flow mixture, granulometric and mineralogical compositions of its solid component, rheological properties of the mixture. As a result the discharge, and volume of the debris flow can increase or decrease.

The progress of a debris flow is determined by the ratio between power required for keeping a solid component of a debris-flow mixture in suspension and power which the debris flow can expend for keeping a solid component in suspension. Keeping a solid component in suspension is achieved due to mixing up of a mixture caused by communication of a debris flow with the channel elements and also at the expense of energy of the turbulent mixing. Plastic property of a debris-flow mixture and Archimedean force can play an important role in keeping a solid component in suspension.

The conducted researches have proved that the dependence between limiting values of density of debris-flow mixtures and a channel slope can have an ambiguous nature [6, 7, 8]. It is caused by dependence between density of debris-flow mixture and a minimum gradient under which the mixture can shift without stopping and disintegrating which has a segment of a negative incline. A negative incline on this segment is the reason of a predominance of positive feedbacks over negative feedbacks. Positive feedbacks are conditioned by an increase of energy which can be expended by a flow for maintaining a solid component in suspension as the density of a debris-flow mixture is increasing. Negative feedbacks are conditioned by an increase of viscosity and plasticity of a debris-flow mixture having negative impact on mixing up is increasing.

Features of debris-flow formation

A wide range of water discharge, various humidity of soil, their mineralogical and granulometric compositions, morphometric characteristics of debris flow origin sites, etc. lead to various mechanisms of debris-flow formation. The features of debris-flow formation show themselves in change of the dependence between density of debris-flow mixture and the minimum gradient of the channel (called the Z -function) where debris flow during its movement does not stop (or does not disintegrate) and also the dependence between the maximum possible value of density and a gradient of the channel (called the Ξ -function).

A family of the Z -functions is shown in Figure 1. A family of the Ξ -functions corresponding to the family of the Z -functions is shown in Figure 2. It can be seen that the angular coefficient of tangents to the Z -functions is positive at the small flow depth (Fig. 1, curves H_1, H_2, H_3, H_4). This is due to intensive increase of viscoplastic resistance to movement of micro-flows caused by an increase of concentration of fine particles in a debris-flow mixture. The particles which maximum sizes only moderately exceed flow depth can take part in the micro-flows. The criti-

cal flow depth (H_{cr}) (at $H > H_{cr}$ the Z-function becomes ambiguous) is a complex function of density of a debris-flow mixture, mineralogical and granulometric compositions of its solid component, roughness of the channel. For typical soils of the Tien Shan a value of H_{cr} lies within the range of 0.3-1.5 m. If the flow depth is small (Fig. 1, curves H_1, H_2, H_3, H_4), even at small values of volumetric concentration of solid particles (0.1-0.3) viscosity and Bingham yield stress of two-phase mixtures reach values which exclude a possibility of considerable enrichment of micro-flows by solid component on slopes of 10-20°. As flow depth increases, rocks containing relatively coarse particles can be involved in the movement. It leads to sharp decrease (100-1000 times) of Bingham yield stress and viscosity of debris-flow mixtures at the same density of a debris-flow mixture. Increase of flow depth and relative decrease of effective viscosity are favourable for development of the turbulent mixing up. The result further increase of density of a debris-flow mixture is made possible. Under such conditions the Z-function becomes then ambiguous (Fig. 1, curves H_5, H_6, H_7).

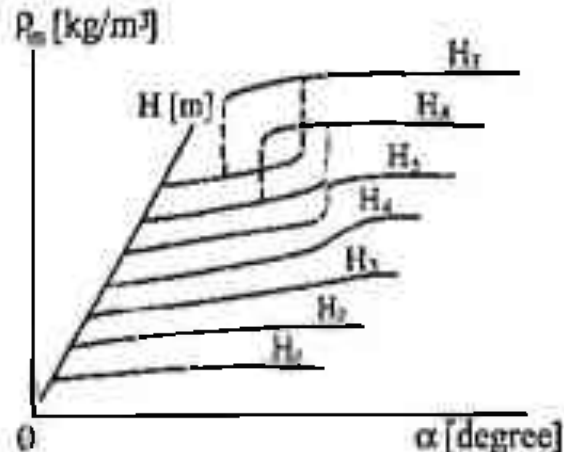
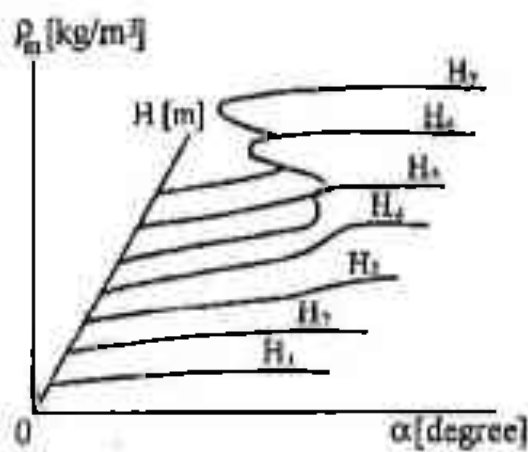


Figure 1. A family of the Z-functions Figure 2. A family of the E-functions

Let us consider in detail physical processes which determine a nature of a change of the Z-functions. In the course of movement of two-phase flows the shift of a solid component can be connected with energy expenditure for overcoming the Coulomb friction, a viscoplastic resistance, momentum transfer from particles to particles and from particles to the channel, suspension of solid particles. At the same density of a debris-flow mixture energy expenditure for performance of one or another work depends largely on mineralogical and granulometric compositions of solid component of a debris-flow mixture. So, if the solid component is represented with a clay, we can neglect energy expenditure of a flow for overcoming the Coulomb friction and suspension, because the velocity of settling such particles is small.

A limiting density of a debris-flow mixture formed as a result of the interaction of a flow with dust-clay fractions depends on erosive capacity of a flow. The value of a limiting density is much less than the value of density at which movement of a debris-flow mixture stops due to increase of its Bingham yield stress. Debris-flow mixture formed on the steep slope can shift further on a significantly slighter slope keeping its physico-mechanical features, provided concentration of a solid component of a debris-flow mixture does not exceed the values determined by the Ξ -function.

However, small dispersion of sizes of particles inherent to soil containing only dust-clay fractions, is not typical for the majority of the Tien Shan debris-flow dangerous regions. Soil having a large dispersion of sizes of particles (from colloidal particles to boulders) is typical for the Tien Shan. The participation of soils containing sand-pebble fractions in a debris-flow formation gives rise to a significant energy expenditure for suspension of solid particles. The value of the energy expenditure depends not only on concentration of a solid component of a flow, but also on the relative contents of fractions.

If composition of a solid component is polydisperse, the energy expenditure for suspension are described by the functions which are designated by 2 in Figure 3. The availability of the extremum in the above mentioned functions leads at certain conditions to a qualitative change in behaviour of the Z-functions. They become ambiguous. The relative positions of the curves, which describe the above mentioned energy expenditure as a function of density of a debris-flow mixture can be various, depending on mineralogical and granulometric compositions of soil. The following cases can take place:

- a) soil consisting mainly of dust-clay fractions;
- b) the granulometric composition of soil is characterized by the large dispersion of sizes of particles (Fig. 3);
- c) the dispersion of sizes of particles is so large that energy viscoplastic resistance to movement appears when energy consumption for suspension becomes negligible.

The change of the relative positions of curves 1 and 2, as well as ordinates of extremums of curves 2 is the reason of a substantial change of the form of curves 3. So, if curve 3 is monotone in Figure 3a, the same curve 3 has an inflection point in Figure 3b, and in Figure 3c curve 3 which describes the energy expenditure for suspension of a solid component and overcoming viscoplastic resistance has two extremums (maximum and minimum).

The comparison of the above mentioned functions (Fig. 3) with the functions which describe the energy abilities of flows (Fig. 4) allows to take the Z-functions. The Z-function corresponding to curve 3 (Fig. 3b) is shown in Figure 5b; as can be seen the Z-function in Figure 5b has an inflection point unlike the Z-function shown in Figure 5a; and the Z-function shown in Figure 5c differs from Figure 5a even more. The most important feature of the Z-function shown in Figure 5c is the ambiguous relationship between slope and density of debris-flow mixture. A break in the Ξ -function (Fig. 2) is a consequence of ambiguity of the Z-function.

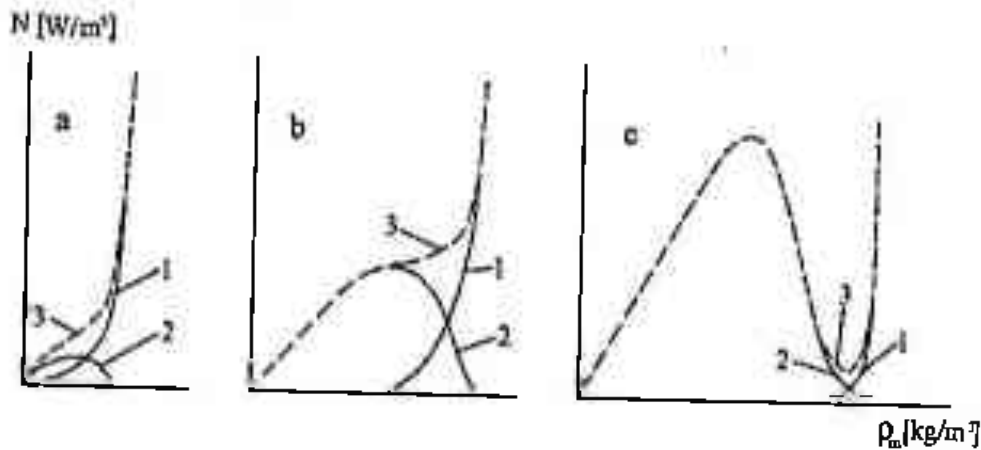


Figure 3. The graphs of functions which describe the energy expenditure for viscoplastic deformation (1), suspension of solid component of debris-flow mixture (2), the total energy expenditure (3). a - predominance of dust-clay fractions, b - predominance of sand-clay and sandy fractions, c - predominance of sand-rubble and boulder fractions.

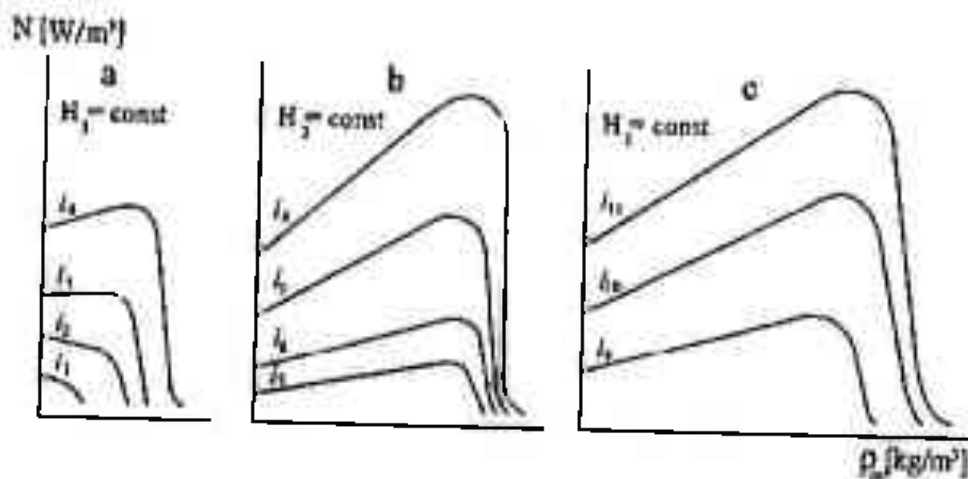


Figure 4. Curves which describe the energy consumption for suspension of a solid component depending on the density of a debris-flow mixture under various channel slopes (i) ($i_1 < i_2 < i_3 < i_4$; $i_5 < i_6 < i_7 < i_8$; $i_9 < i_{10} < i_{11}$; $H_1 < H_2 < H_3$). The decrease of energy is caused by increase of viscosity and plasticity of a

debris-flow mixture.

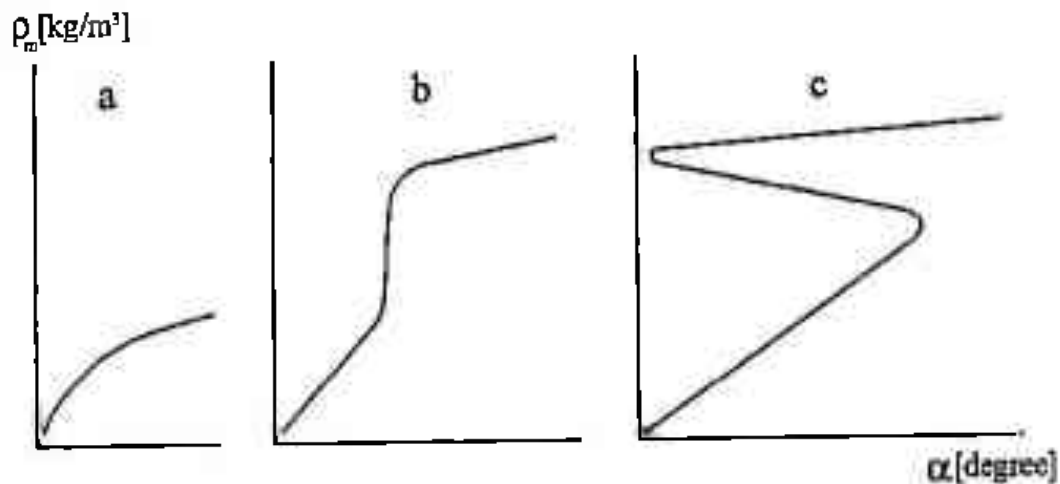


Figure 5. Equilibrium state curves which are received by the decision of the equations set which graphs are shown in Figures 3-4.

Use of equilibrium state curve for computation of debris-flow characteristics

The basic propositions of the theory are as follows: the state of a system «channel/debris flow origin site - debris-flow» is characterized by point (ρ_m, α_i) located on the phase plane. The vector passing through this point indicates to a trend of a debris-flow process (Fig. 6). Theoretically there are two variants of an equilibrium state curve:

- when the Z-function is unambiguous (Fig. 6a);
- when the Z-function is ambiguous (Fig. 6b).

In Figure 6 area *I* is an area of enrichment of debris-flow mixture by solid material. Area *II* is an area of partial disintegration of a debris-flow mixture. If the system is characterized by point *M* located on the phase plane (area *I*) (Fig. 6b), then during the enrichment of a debris-flow mixture by solid material (at $t \rightarrow \infty$) its density will be increase up to ρ_1 . If the system is characterized by point *N* (area *I*), then the development of a debris-flow process will lead to the enrichment of a debris-flow mixture up to ρ_2 . If the system is characterized by point *K* (area *II*), then a debris-flow mixture will disintegrate. This leads to decrease of density of a debris-flow mixture up to ρ_3 . Equilibrium state, which is characterized by point *P*, is unstable (Fig. 6b). The slightest casual deviations of density from ρ_1 to one or another side lead either to further increase of density up to ρ'_1 or decrease up to ρ''_1 .

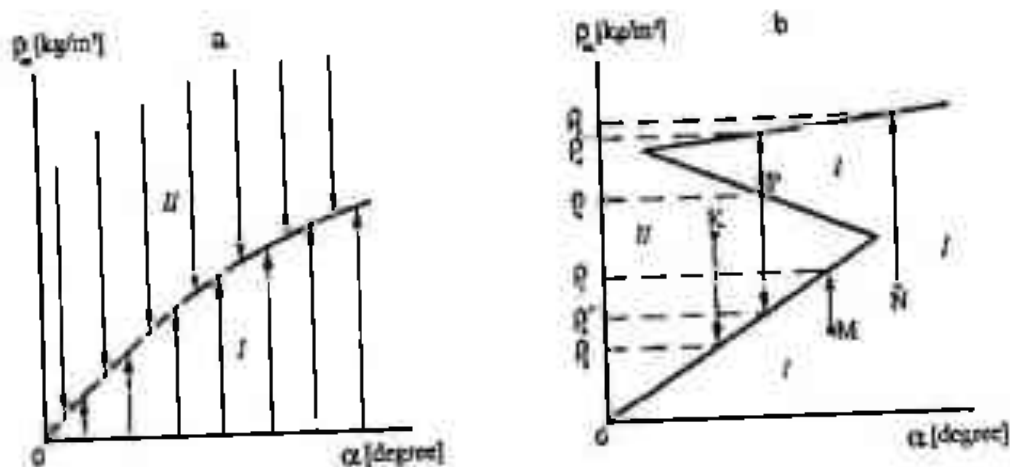


Figure 6. Equilibrium state curves located on the phase plane: a - unambiguous, b - ambiguous; I - area of enrichment of debris-flow mixture by solid material, II - area of disintegration of debris-flow mixture.

It is known that the Z-function (Ξ -function) is a generalization for debris-flow processes. Each point of the Z-function (Ξ -function) represents an equilibrium state of the system «channel /debris flow origin site - debris flow», that is, an asymptotic of the evolutionary equation $d\rho/dl = F(\rho, \alpha)$. The asymptotic of the evolutionary equation, in its turn, depends on flow depth, granulometric and mineralogical compositions of solid component.

Let us consider the change of the state of a system «channel/debris flow origin site - debris flow» on the phase plane and its influence on the course of debris-flow process. Let the condition of a debris-flow mixture is characterized by point $F(\alpha_1, \rho_1)$ located on the phase plane (Fig. 7a). Since, as it follows from the theory, the debris-flow mixture can exist even at a gradient of $\alpha_2 < \alpha_1$, the excess energy of the flow can be expended on involving additional portions of loose rocks into debris-flow process. Let density of a debris-flow mixture increase up to ρ_2 (point E), but for existence of a debris flow with density ρ_2 it is enough a gradient of α_3 ($\alpha_3 < \alpha_1$), etc. as long as the density of the debris flow increase up to ρ_3 .

Applying the above mentioned reasonings about the debris-flow process in those cases when the initial value of density of debris-flow mixture falls in the area $OB\alpha_{cr2}$ it may be concluded that line OB represents the Ξ -function for the gradients of $\alpha < \alpha_{cr2}$. The Ξ -function corresponding to the area $OB\alpha_{cr2}$ is unambiguous and continuous. Further infinitesimal increase of a channel gradient leads to a finite change of the density of a debris-flow mixture, that is, the Ξ -function undergoes a break at $\alpha = \alpha_{cr2}$. The reason of the break in the Ξ -function arises from the change

of a behaviour of the Z-function at $\rho_{cr2} < \rho_m < \rho_{cr1}$.

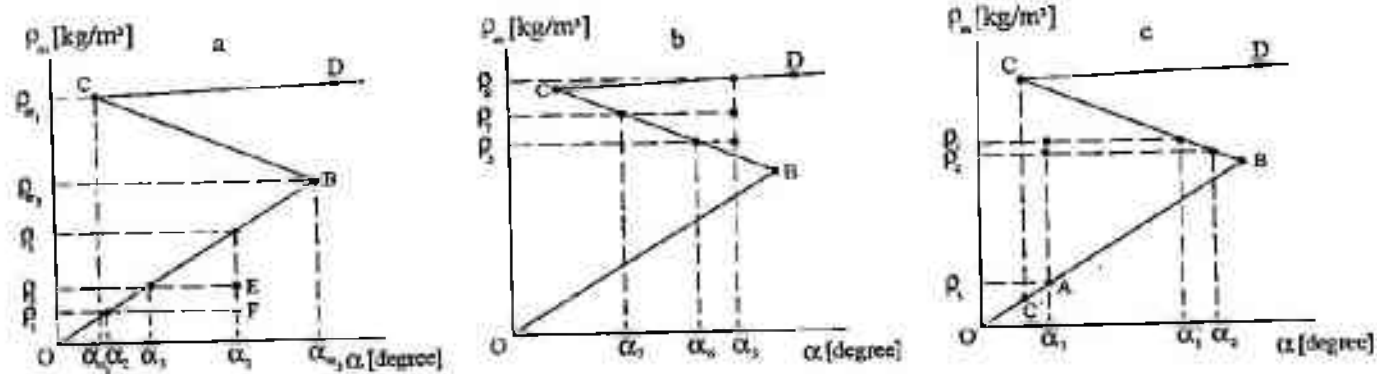


Figure 7. To defining evolution of debris flows (phases of debris-flow process).

The fact that the Z-function has a segment BC with a negative incline is of scientific and practical interest. The section $d\rho_m/d\alpha < 0$, under consideration shows that increase of density of a debris-flow mixture in the interval $(\rho_{cr2} - \rho_{cr1})$ makes for its further increase up to values of density corresponding to line CD . Most simply the above mentioned can be shown graphically. Let a state of debris-flow process be characterized by coordinates (α_5, ρ_5) . Comparing conditions of debris-flow process with a position of line BC (Fig.7b), we come to the conclusion that the energy of a debris flow exceeds minimally required energy corresponding to point (α_6, ρ_5) for maintaining density of debris-flow mixture ρ_5 . In the presence of loose rocks in the channel so much of excess energy of a flow, which depends on the value $\Delta\alpha = \alpha_5 - \alpha_6$, will be expended on increase of density of debris-flow mixture, for example up to ρ_7 .

But at this stage the excess energy of a debris flow corresponding to $\Delta\alpha = \alpha_5 - \alpha_7$ increases. And at these conditions it will inevitably lead to further increase of density of debris-flow mixture, etc. as long as the density increases up to ρ_8 .

Exactly the converse the debris-flow process develops in those cases when its state is characterized by coordinates of points lying in the area OBC (Fig. 7c). Let a state of a debris-flow process be characterized by coordinates (α_1, ρ_1) . Comparing coordinates of a mudflow process with the position of lines OB and BC , we come to the conclusion that for existing the mixture with density ρ_1 without disintegration it is necessary that the debris flow move at a gradient of α'_1 . As the energy of flow moving at a gradient of α_1 is not enough for maintaining density ρ_1 , the partial disintegration of debris-flow mixture will happen which is accompanied by a decrease of its density, for example up to ρ_2 ; but for the debris-flow mixture with density ρ_2 to move without disintegration, it is necessary (as it follows from Fig. 7c) that the mudflow move at a gradient of α_2 . As can be seen the deficit of energy still further has increased, resulting in a further decrease of density of debris-flow mixture, etc. until the density decrease up to ρ_3 which is a stable condition of a debris-flow mixture at the angle of α_1 .

If the Z-function is represented as shown in Figure 6a, then debris flows with high density can exist only at significant gradients. If the Z-function is represented as shown in Figure 6b-7, then debris flows with high density can exist on relatively slight gradients. In the last case the Ξ -function has the form which is shown in Figure 8; it can be seen that the relationship between limiting density of a debris-flow mixture and a rate of a gradient is described by an ambiguous function.

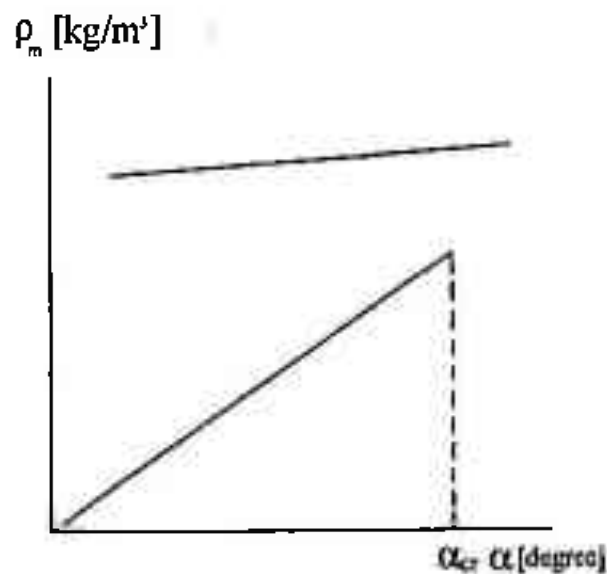


Figure 8. Graph of the E -function corresponding to the ambiguous Z -function (the curve of stable conditions).

Conclusions

The researches have proved that the relationship between limiting values of density of debris-flow mixtures and channel gradient can have an ambiguous character. The theory of existence of debris-flow mixture allows to predict a trend of debris-flow processes in complicated cases, that is, when mixing debris flows with water flows take place, movement of debris flows at slight gradients, and during filling of mudflow-storages reservoirs.

The propositions of the theory of existence of debris-flow mixture are well agreed with the data of full-scale observations obtained during the artificial formation of debris flows at the Chemolgan test site during 1972-1991 [2, 3, 4, 9, 14], the data on the debris flows of 1963, 1973, 1977 in the Zailiysky Alatau [12], the debris flow of 1982 in the Dzhungarsky Alatau, the debris flow of 1988 in the Zhamankum desert [1].

Figure 9 shows the results of experiments made on linear and circular flumes [6]. The density of a debris-flow mixture depends on angle of inclination of a linear flume ambiguously. In nature the debris-flow mixture with density of 2300-2400 kg/m³ will not form on slight slopes, but if it forms on relatively steep slope (11° and more), the debris-flow mixture can move without stopping and disintegrating on slope of 0.5-3°. Debris-flow mixture with density of 2300-2400 kg/m³ formed in 1921 in the Malaya Almatinka River basin moved without stopping and disintegrating on slope of 3-5° for a distance of more than 15 km [11]. The debris-flow formed mainly on slope of 15-17°. Debris-flow mixture with density of 2300-2350 kg/m³ formed in the Sarkand River

basin in 1982 moved without stopping and disintegrating on slope of $1-5^\circ$ for a distance of more than 25 km [10]. The formation of the debris-flow mainly occurred on slope of $10-11^\circ$. The debris-flow mixture with density of $2350-2400 \text{ kg/m}^3$ formed in the Issyk River basin in 1963 moved without stopping and disintegrating on slope of 5.5° for a distance of more than 7 km [13], and it formed mainly on slope of $18-20^\circ$. During the artificial formation of debris flows at the Chemolgan test site in 1975 the debris-flow mixture with density of $2300-2400 \text{ kg/m}^3$, which formed on slope of $16-17^\circ$, moved without stopping and disintegrating on slope of $3-5^\circ$ (Fig. 9) [2, 5].

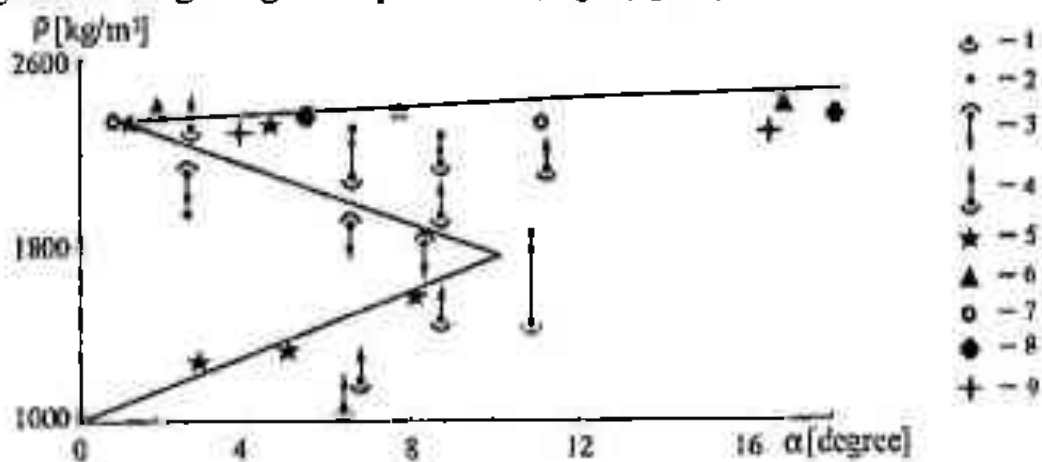


Figure 9. The results of experimental researches of equilibrium state curves: 1-initial value of density; 2- finite value of density; 3-disintegration of mixture; 4-enrichment of mixture; 5-data which obtained on the circular flume; natural data: 6-the Malaya Almatinka River basin, 1921; 7-the Sarkand River basin, 1982; 8-the Issyk River basin, 1963; 9-the Chemolgan test site, 1975.

The developed mathematical model of existence of debris-flow mixture adequately describes natural process and it is used in the basic model for computation of the basic debris-flow characteristics

REFERENCES

1. Khaidarov, A.Kh. & Shevyrtalov, Ye.P. 1989. The mudflows of 28-29 January 1988 in the Zhamankum desert. *Debris Flows* 11: 49-59. (in Russian)
2. Khonin, R.V., Keremkulov, V.A., & Mochalov, V.P. 1977. The third experiment on the artificial replication of a mud-rock flow. *Debris Flows* 2: 57-63. (in Russian)
3. Kirenskaya, T.L., Stepanova, T.S., & Balabayev, F.G. 1980. Results of an experiment on the artificial replication of a debris flow in the Chemolgan River basin in 1976. *Debris Flows* 5: 64-71. (in Russian)
4. Mochalov, V.P., Kim, A.K., & Khaidarov, A.Kh. 1992. Results of the

- experiment "Chemolgan-91". *Debris Flows* 12: 101-109. (in Russian)
5. Rickenmann, D., Weber, D., & Stepanov, B. (in prep.). Erosion by debris flows in field and laboratory experiments. *Proceedings of the Third International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation, Davos, Switzerland, September 10-12, 2003*.
 6. Stepanov, B.S. & Stepanova, T.S. 1991. *Mechanics of debris flows*. Moscow: Gidrometeoizdat Publishing Corp. (in Russian)
 7. Stepanov, B.S. 1980. On mechanism of debris-flow formation. *Debris flows* 4: 20-23. (in Russian)
 8. Stepanov, B.S. 1992. Phenomenon of discontinuous change of debris-flow density. Application for the protection of a discovery. *Debris flows* 12: 141-172. (in Russian)
 9. Stepanova, T.S., Khonin, R.V., Krzhechkovskaya, N.I., & Khaidarov, A.Kh. 1978. Results of an experiment on the artificial replication of a debris flow in the Chemolgan River basin in 1976. *Debris Flows* 3: 86-92. (in Russian)
 10. Tikhomirov, Yu.P. & Shevyrtalov, Ye.P. 1985. Some characteristics of glacial-caused debris-flow occurred in the Sarkand River basin. *Debris Flows* 9: 132-138. (in Russian)
 11. Vinogradov, Yu.B. 1980. *Sketches about debris-flows*. Leningrad: Gidrometeoizdat Publishing Corp. (in Russian)
 12. Vinogradov, Yu.B., Zems, A.E., & Khonin, R.V. 1976. The debris flow of 15 July 1973 in the Malaya Almatinka. *Debris Flows* 1: 60-72. (in Russian)
 13. Zems, A.E. 1976. Some quantitative characteristics of the Zharsy debris-flow of 1963 in the Issyk River. *Debris Flows* 1: 75-85. (in Russian)
 14. Zems, A.E., Khonin, R.V., & Laptev, V.I. 1976. The solid/liquid material balance in the debris flows of 1972-1973 in the Chemolgan River basin. *Debris Flows* 1: 35-43. (in Russian)

Kazakh Research Institute for Environmental Monitoring and Climate

ТЕОРИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ СЕЛЕВОЙ СМЕСИ – КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК СЕЛЕЙ

Доктор геогр. наук Б.С. Степанов

Было установлено, что зависимость между плотностью селевой смеси и минимальным уклоном русла, при котором селевая смесь может перемещаться без остановки и распада, неоднозначна. Теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать базовую модель селевого процесса, позволяющую рассчитывать основные характеристики селя (объем, расход, плотность) на всем пути его движения вплоть до остановки на конусе выноса или в селехранилище. Ключевым элементом этой модели яв-

ляется теория существования селевых смесей, с помощью которой определяется ход селевого процесса (т.е. способен ли селевой поток по мере движения обогащаться твердой составляющей или произойдет частичный распад селевой смеси).

СЕЛ ҚОСПАСЫНЫҢ БОЛУЫ ТЕОРИЯСЫ – СЕЛДЕРДІҢ СИПАТТАМАЛАРЫН ЕСЕПТЕУДІҢ НЕГІЗГІ ЭЛЕМЕНТІ

Геогр. ғылымд. докторы Б.С. Степанов

Сел қоспасының тығыздығы мен өзен арнасының сел қоспасын тоқтаусыз және бөлмей ағызып отыратын минималды еңісінің өзара байланысының біркелкі еместігі анықталды. Теориялық және экспериментті зерттеулер сел процесінің селдің ысырынды конусында немесе сел қоймасында тоқтауына дейінгі бүкіл қозғалыс жолындағы негізгі сипаттамаларын (көлемін, шығынын, тығыздығын) есептеуге мүмкіндік беретін негізгі үлгісін жасауға жол ашты. Бұл үлгінің негізгі элементі – сел қоспаларының болуы теориясы. Оның көмегімен сел процесінің жүруі (яғни сел ағысының өз жолында қатты қосындылармен баюы немесе сел қоспасының жартылай бөлінуі мүмкіндіктері) анықталып отырады.

УДК 631.6:502.3

**ИСТОЧНИКИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ВОДНОМУ
РЕЖИМУ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ**

Канд. геогр. наук М.Ж. Бурлибаев
Канд. геогр. наук А.А. Волчек
В.В. Лукша

Известно, что из-за экономических неурядиц, в последние пятнадцать лет в Казахстане мониторинг за гидрологическим режимом рек был сильно подвергнут сокращению. Казалось бы, что такая ситуация должна была повторяться на всем постсоветском пространстве. Однако, как видим на примере Белорусского Полесья эти сокращения незначительны по сравнению с потерями в Казахстане, где из семисот гидрологических постов, сегодня нормально функционирует около двухсот. Поэтому, представляется интересным проведение сопоставительных оценок происходящих изменений в службах гидрологического мониторинга Республик.

Неоспорим тот факт, что в основе любых исследований лежит какая-либо исходная информация. От ее корректности и массовости зависят результаты исследований и полученные зависимости. Авторами предпринята попытка обобщить источники информации по гидрологическому режиму рек, в частности, по значениям расходов воды, с целью дальнейшего выяснения картины их пространственно-временного распределения по территории Белорусского Полесья.

Белорусское Полесье является уникальным природно-культурным наследием мирового значения, расположенным в центре Европы. По климатическому, ландшафтно-географическому положению, ресурсо-экономической инфраструктуре и экологическому состоянию Полесье существенно отличается от других природных субрегионов Беларуси. Уникальность Полесья в первую очередь определяет водный режим, формирующийся на обширных равнинных территориях. Полесье – один из наиболее чувствительных и ранимых регионов Беларуси. На протяжении продолжительного времени он подвергался и продолжает подвергаться сильнейшим (причем прогрессирующим) антропогенным воздействиям.

За прошедшее столетие Полесье неоднократно становилось ареной крупномасштабных природопользовательских акций включая решения Лиги Наций, постановления и программы СССР, многочисленные акции стихийного освоения ресурсного потенциала региона. Современное экологическое состояние Белорусского Полесья выражается в сложной мозаике деструктивных процессов, явлений стагнации и, в то же время, существование природно-территориальных комплексов, которые по своей целостности и сохранности не имеют аналогов в Беларуси и Европе в целом.

Поэтому для успешного развития уникальных природных комплексов Полесья для устойчивого развития региона, а вместе с ним и Беларуси, в свете современных социально-экономических задач необходимы детальные исследования формирования водных ресурсов, а также моделирования водных режимов в будущем в связи с прогнозируемым изменением климата, для разработки и принятия компенсационных мероприятий, что бы не повторить ошибок связанных с крупномасштабными мелиорациями Полесья прошлого века.

Отрывочные наблюдения за стоком рек Белорусского Полесья были начаты в конце 19 столетия. Первые расходы р. Припяти у г. Мозыря были измерены в 1873 г., а на р. Ведрич – в 1878 г. До воссоединения Западной Беларуси с Россией водный режим рек практически не изучался. В остальной части Беларуси регулярные наблюдения за гидрологическим режимом начались с начала 20 века. И только в послевоенный период изучение стока получило широкое развитие. Накопленные измерения расходов воды как обследованных, так и необследованных рек позволили произвести вычисления ежедневного стока воды и получить характерные значения стока, опубликованные впервые (по 1935 г.) в «Материалах по режиму стока рек СССР» т.2, вып. 3, 1914; т. 3, вып 1, 1940 и начиная с 1936 г. в Гидрологических ежегодниках.

При определении гидрологических характеристик водного режима применяются главным образом методы статистического анализа с использованием законов теории вероятностей и методы гидролого-географического анализа с учетом генезиса стока. Эти методы требуют различной исходной гидрометеорологической информации и наличия гидрографических, морфометрических и других данных. В основе гидрологических расчетов водного режима лежат прежде всего гидрометрические данные о речном стоке и количественные характеристики бассейна

К настоящему времени учреждениями гидрометеорологической службы Беларуси накоплен довольно большой фактический материал по речному стоку, хотя для территории Беларуси он все же недостаточен. Это связано, прежде всего, с закрытием многих гидрометрических постов и соответственно прекращением наблюдений за водным режимом рек.

Определение расчетных гидрологических характеристик должно основываться на данных гидрометеорологических наблюдений, в том числе регулярных наблюдений последних лет, опубликованных в специальных документах в области гидрологии; дополнительно должны учитываться данные инженерно-гидрометеорологических изысканий, проводимых в соответствии с СНБ 1.02.01-96.

Кроме того, следует использовать достоверные данные наблюдений за гидрологическими характеристиками по архивным, литературным и другим материалам, относящимся к периоду до начала регулярных наблюдений. При этом необходимо произвести тщательную оценку достоверности и точности полученных материалов.

В качестве примера отобраны речные бассейны по Белорусскому Полесью по принципу равномерного освещения территории данными гидрологических наблюдений. Всего выбрано 32 речных створа, которые приведены в таблице, а общее размещение всех створов показано на рисунке.

Таблица

Перечень опорных гидрометрических постов Белорусского Полесья

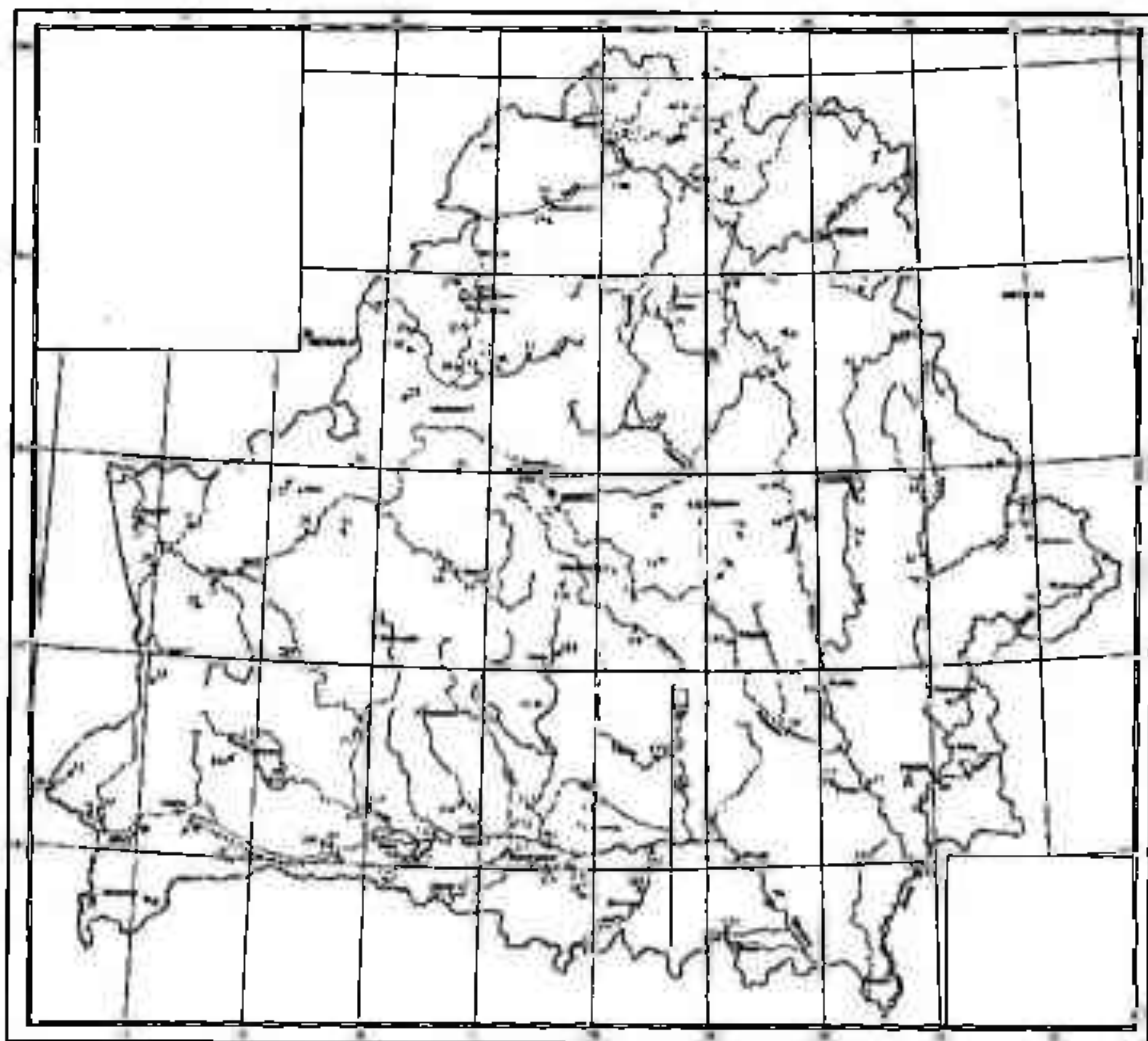
| Река – створ | Период наблюдений |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Бобрик – с. Парахонск | 1924 – 1933, 1944 – 1987 (закрыт) |
| Горынь – пос. Горынь | 1922 – 1962 (закрыт) |
| Горынь – пгт. Речица | 1963–2000 |
| Гривда – гпт. Ивацевичи | 1940, 1944 – 1967 (закрыт) |
| Жабинка – с. Малая Жабинка | 1950 – 1986 (закрыт) |
| Жсгулянка – с. Нехачево | 1965 – 1983 (закрыт) |
| Каменка – пос. Мухавец | 1979 – 1988 (закрыт) |
| кан. Винец – с. Рыгали | 1962 – 2000 |
| Копаяовка – с. Черск | 1949 – 2000 |
| Лесная – с. Замосты | 1946 – 2000 |
| Лесная – с. Тюхиничи | 1981 – 2000 |
| Малорыта – г. Малорита | 1972 – 2000 |

| Река – створ | Период наблюдений |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Меречанка – с. Ставок | 1951 – 1970 |
| Меречанка – с. Красеево | 1970 – 2000 |
| Мухавец – г. Брест | 1955 – 2000 |
| Мухавец – г. Пружаны | 1947 – 1976 (закрыт) |
| Мышанка – с. Березки | 1960 – 1987 (закрыт) |
| Неслуха – с. Рудск | 1970 – 1980, 2000 |
| Припять – с. Коробы | 1923 – 1933, 1944 – 1987 (закрыт) |
| Припять – пгт. Туров | 1930 – 1941, 1945 – 2000 |
| Припять – г. Пинск (мост Любанский) | 1978 – 2000 |
| Пульва – г. Высокое | 1959 – 2000 |
| Рудавка – с. Рудня | 1962 – 1986 (закрыт) |
| Ружанка – г. Ружаны | 1965 – 1986 (закрыт) |
| Рыта – с. Малые Радваничи | 1952 – 2000 |
| Цна – с. Дятловичи | 1954 – 2000 |
| Щара – с. Доманово | 1925 – 1933, 1963 – 1977 (закрыт) |
| Щара – с. Залужье | 1963 – 1980 (закрыт) |
| Ясельда – г. Береза | 1929 – 1933, 1941, 1945 – 2000 |
| Ясельда – с. Сенин | 1944 – 2000 |
| Ясельда – с. Мотоль | 1963 – 1969 (закрыт) |
| Ясельда – с. Старомлыны | 1926 – 1933, 1963 – 1968 (закрыт) |

Для получения достоверных данных наблюдений за водным режимом средних значений стока за многолетний период и расчетных обеспеченных значений вся гидрометеорологическая информация подвергалась тщательному анализу, так как статистически обрабатываемые ряды должны быть генетически однородны.

Для расчета гидрологических характеристик использовались данные наблюдений прежде всего на станциях и постах Госкомгидромета и, при необходимости, данные других ведомств, инженерно-гидрометеорологических изысканий (экспедиционные), литературные и архивные материалы, особенно за периоды до начала систематических гидрометеорологических наблюдений в исследуемом регионе. Наиболее надежными считались данные, публикуемые в изданиях Госкомгидромета, особенно после 60-х годов (в это время производилась их массовая проверка). Однако при необходимости, особенно при использовании архивных материалов, данные гидрометрических наблюдений проверялись, в том числе анализировалось следующее:

- 1) полнота и надежность наблюдений за расходами воды;
- 2) высотные отметки гидрологических постов за весь период наблюдений;



*Рис. Схема расположения гидрологических постов по территории
Беларуси*

- 3) увязка годового и сезонного стока воды, максимальных и минимальных расходов воды в пунктах наблюдений по длине реки;
- 4) полнота учета стока воды на поймах и в протоках;
- 5) обоснованность способа подсчета стока воды по осредненным или ежегодным кривым расходов воды;
- 6) обоснованность экстраполяции кривых расходов воды до наивысших и наименьших уровней воды и точность расчета стока воды по кривым расходов воды за месяц, сезон и год;
- 7) необходимость восстановления наблюдений, пропущенных за отдельные годы (месяцы);
- 8) однородность данных наблюдений.

Если оказывалось, что нельзя уточнить данные гидрометрических наблюдений низкого качества, то они исключались из расчетного ряда. В необходимых случаях пересчитывался сток воды за отдельные годы.

Проследить изменения физико-географических характеристик водосборов под влиянием всего комплекса мероприятий проводимых на водосборе практически невозможно. Наиболее существенное влияние на сток, в целом и максимальные расходы и слои весеннего половодья в частности оказывает изменения водосборной площади.

Анализируя данные, о строительстве мелиоративных объектов и используя обновленные карты масштаба 1:25000 и 1:10000 выполнено уточнение водосборных площадей ряда рек.

Так установлено, что водосборная площадь р. Копаяовка – с. Черск изменилась 292 км² за 1949 – 1963 гг. 351 км² за 1964 – 1965 гг., 409 км² за 1966 – 1969 гг., 440 км² за 1970 – 1980 гг. Водосборная площадь р. Мухавец для створа г. Брест изменилась от 6810 км² в 1955-1969 гг. до 6590 км² в 1970 – 1980 гг.; р. Рыта для створа Малые Радваничи уменьшилась от 1440 км² в 1952 – 1964 гг. до 1200 км² в 1965 – 1972 гг., 1170 км² в 1973 – 1974 гг., и вновь возросла до 1230 в 1975 – 1980 гг.; р. Меречанка на створе д. Красеево выросла от 121 км² в 1970 – 1973 гг. до 131 км² – в 1974-1980 гг. р. Бобрик для створа Парахонск увеличилась с 1450 км² в 1978 г. до 1510 км² – в 1978 – 1980 гг.

Если уточненные водосборные площади отличались от опубликованных в справочниках «Ресурсы поверхностных вод СССР» не более чем на 5 %, принимались опубликованные данные.

Одновременно уточнялись физико-географические характеристики водосборов такие как длина основного тальвега (она, как правило, уменьшилась за счет спрямления водостоков); заболоченность и залесенность водосбора. В результате осушения болот заболоченность земель повсеместно уменьшилась, а залесенность водосборов в отдельных случаях увеличивалась, за счет новых лесов на площадях выведенных из сельскохозяйственного оборота. Повсеместно увеличивалась густота гидрографической сети за счет мелиоративных каналов. Все эти и другие изменения не могли не повлиять на условия формирования стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волчек А.А., Калинин М.Ю. Водные ресурсы Брестской области. – Мн.: Изд. центр БГУ, 2002 – 440с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер.3. Части 1-6, Вып.7.– Л.: Гидрометеиздат, 1989. –302 с.

3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1966. Т. 5. Ч. 1.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР/ т.5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. ч.2. Основные гидрологические характеристики. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 720 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Научно-исследовательский институт проблем Полесья НАН РБ
Брестский государственный технический университет

БЕЛОРУС ОРМАНДАРЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ СУ ТӘРТІБІН АНЫҚТАУДЫҢ БАСТАПҚЫ АҚПАРАТ КӨЗДЕРІ

Геогр. ғылымд. канд.

М.Ж. Бүрлібаев

Геогр. ғылымд. канд.

А.А. Волчек

В.В. Лукша

Соңғы он бес жыл ішінде Қазақстанда экономикалық дағдарысқа байланысты өзендердің гидрологиялық режимі мониторингі едәуір қысқарғаны белгілі. Мұндай жағдай бүкіл посткеңестік кеңістікте болуы тиіс сияқты еді. Алайда Белорус ормандарында біз қысқартудың көлемі жеті жүз гидрологиялық бекеттердің екі жүздейі ғана қалған Қазақстандағыдан гөрі тым елеусіз екенін көріп отырмыз. Сондықтан осы екі Республикалардың гидрологиялық мониторинг қызметтерінде болып жатқан өзгерістерді салыстыра бағалау жүргізу қызықты болатын сияқты.

УДК 551.510.42

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КРИТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ И ПРИЕМЛЕМОСТИ РИСКА В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ГЕО- И АГРОЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ

Канд. геогр. наук

М.Ж. Бурлибаев

Канд. геогр. наук

А.А. Волчек

Канд. техн. наук

П.В. Шведовский

В современных условиях функционирование геоэкосистем изучается только на основе данных антропогенного периода, тогда как это необходимо было бы делать и с учетом периода до начала антропогенного воздействия. Для выяснения всех составляющих изменения естественного природного комплекса, в том числе возникающих критических ситуаций в функционировании экосистем нам приходится решать эвристические задачи. При этом агроландшафты, как искусственно созданные экосистемы являются отличным подспорьем в деле изучения естественных экосистем.

Сегодня оптимальность функционирования гео- и агроландшафтных систем обычно определяют параметрами экологической надёжности и экологической устойчивости [4, 5].

Стандартная совокупность имеющихся мониторинговых данных позволяет определять только точечные оценки экологических параметров. Но, так как, в практике чаще всего требуется знание не точечных, а интервальных оценок параметров экологической надёжности и экологической устойчивости, то возникает необходимость определения доверительных границ, степени и границ максимального риска и их приемлимости. При этом под риском нужно понимать любое нарушение устойчивости системы, которое может проявиться при определённых условиях и иметь негативные последствия для всей системы в целом, либо её структурных составляющих и компонент.

Анализ имеющихся рискологических исследований [1, 2, 3] требует предварительного постулирования для гео- и агроландшафтных систем, аксиом приемлемости, всеохватности и неповторимости.

Приемлемость определяет границы изменения показателей во времени и закономерности происходящих изменений, с точки зрения экологических и социально-экономических последствий, всеохватность — объ-

ективность рисков и их обязательность (присутствие) для любого ранга управляемости функционированием систем, а неповторимость — невозможность формирования тождественных полей риска даже для близких ситуаций сходных систем, независимо от степени их идентичности.

Наиболее важным в исследованиях приемлемости риска являются границы и тип изменчивости показателей. В целом, следует различать детерминированную (с постоянным или меняющимся средним значением), стохастическую, импульсивно-разделяющуюся и циклическую изменчивость.

Что касается исследований всеохватности и неповторяемости, то наиболее существенными являются знания параметров рискозащитности систем, определяющие надёжность структурных элементов системы и вероятность сохранения работоспособности внутрисистемных связей, при воздействии, поствоздействии и взаимодействии экстремальных факторов. Следует отметить, что и для рискозащищённости важны не сами параметры, а их пороговые (предельно- допустимые) значения.

Так как уровень рискозащищённости характеризуется риском возникновения опасных природных и социальных катастроф и явлений, риском перерастания эколого-социальной проблемы в кризисную и катастрофическую и возникновение чрезвычайных ситуаций самого различного уровня, — степенью воздействия на окружающую среду и социально-экономические условия при сохранении на макроуровне равновесных состояний систем различной природы, то уровень риска можно описать зависимостью вида —

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3, \quad (1)$$

где R_1 — вероятность (частота) формирования опасных факторов; R_2 — вероятность формирования определённых уровней действия факторов на различные объекты биосферы; R_3 — вероятность того, что уровни действия сформировавшихся факторов обуславливают долгосрочные последствия и значимые социальные, экономические, экологические, эстетические и другие виды ущербов.

В качестве же пороговых уровней рискозащищённости систем целесообразно оперировать предельно допустимым снижением уровня и качества жизни населения, за границами которого возникает опасность проявления неконтролируемых процессов и кризисных ситуаций и предельно допустимым уровнем снижения затрат на поддержание и воспроизводство природно-экологического потенциала, за пределами которого возникает опасность необратимого разрушения элементов природной среды и нанесения ущерба здоровью нынешнего и особенно будущего поколений.

Отсюда приемлемый риск — это компромисс между реальным уровнем рисков (социально-экономических, технических и экологических) и возможностями их достижения, что и определяет необходимость выделения двух рисковых категорий — экологический вред (кризисная ситуация) и экологическая гибель (катастрофическая ситуация).

Всё это, с точки зрения рискозащищённости и приемлемости риска, позволяет все гео- и агроэкосистемы отнести к одному из следующих типов: самоорганизующиеся и саморазвивающиеся как целостность; динамические; с целенаправленным развитием; с определённой стратегией развития; с детерминированным развитием; спонтанно развивающиеся; гомеостатические; адаптивные.

Что же касается разделения области риска, то целесообразно выделение безрисковой области и областей минимального, повышенного, критического, катастрофического и недопустимого рисков.

При этом всё многообразие периодов жизнедеятельности систем, с позиции рискозащищённости, можно охарактеризовать следующей схемой (Рис. 1).

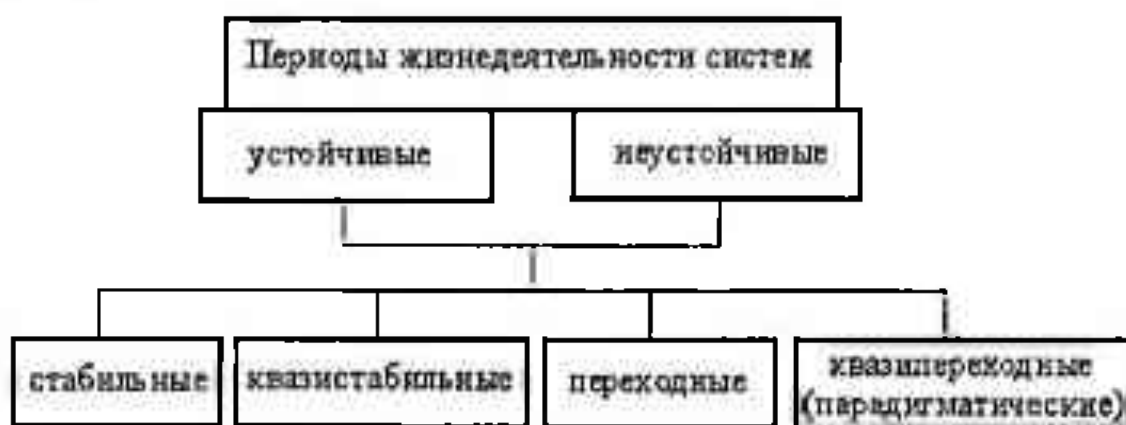


Рис. 1. Схема периодов жизнедеятельности систем.

Для устойчиво стабильного периода величина рисков настолько незначительна, что их целесообразно учитывать, т. е. для системы характерна полная рискозащищённость. Устойчиво квазистабильному периоду характерны достаточно значительные риски только для отдельных факторов, элементов и процессов, а устойчиво переходному уже характерны качественные изменения риска, т.е. поле рисков системы изменяет как свою структуру, так и элементный состав.

Для математического описания любых переходных периодов целесообразно использовать матрицу и коридор рисков.

Матрица риска имеет вид:

| | Π_1 | Π_2 | ... | Π_i | ... | Π_n |
|-------|----------|----------|-----|----------|-----|----------|
| t_1 | R_{11} | R_{21} | ... | R_{i1} | ... | |
| t_2 | R_{12} | R_{22} | ... | R_{i2} | ... | R_{n2} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| t_j | R_{1j} | R_{2j} | ... | R_{ij} | ... | R_{nj} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| t_k | R_{1k} | R_{2k} | ... | R_{ik} | ... | R_{nk} |

где $\Pi_{1,n}$ — факторы жизнедеятельности системы; $t_{1,k}$ — расчетные моменты времени; $R_{1,nk}$ — величина риска. Коридор риска, определяющий возможный диапазон изменения риска, при котором система функционирует в устойчиво стабильном или устойчиво квазистабильном режиме, может быть описана в виде

$$R_i^{j\min} < R_i^j < R_i^{j\max} \quad (3)$$

где $R_i^{j\min, \max}$ — соответственно минимально и максимально допустимые значения приемлемого риска.

Матрицы и коридор риска позволяют описать все уровни структуры устойчивого переходного периода. Для первого уровня, где изменения отражаются только на величине рисков (номенклатура рисков постоянна) имеем:

$$\left. \begin{array}{l} i \in I \text{ нпу } I = \text{const} \\ R_i^{j\min} \leq R_i^j \leq R_i^{j\max} \end{array} \right\} \quad (4)$$

Второй уровень характерен для случая, когда изменения отражаются и на величине рисков и на их номенклатуре и

$$\left. \begin{array}{l} i \in I \text{ нпу } I \neq \text{const} (I + \Delta i) \\ R_i^{j\min} - \xi_{\min} \leq R_i^j \leq R_i^{j\max} + \xi_{\max} \end{array} \right\} \quad (5)$$

где ξ_{\min} и ξ_{\max} — величины изменения минимального и максимального рисков в переходной период.

Третий уровень связан с такими изменениями, которые не только меняют систему поэлементно-структурно, но и выводят её в другую область (поле) риска. В этом случае

$$\left. \begin{array}{l} i_a \in I_a \rightarrow i_b \in I_b \\ R_{i_a}^{j\min} \leq R_{i_a}^j \leq R_{i_a}^{j\max} \rightarrow R_{i_b}^{j\min} \leq R_{i_b}^j \leq R_{i_b}^{j\max} \end{array} \right\} \quad (6)$$

где i_a и i_b — соответственно элемент [a, b] множества $[I_a, I_b]$; $R_a^{i_a}$ и $R_b^{i_b}$ — соответственно риски системы по показателям i_a, i_b в моменты I_a и I_b ; $R_a^{i_a^{min}}$ и $R_a^{i_a^{max}}$ — риски соответствующие нижней и верхней границе, когда система находится в состоянии [a]; $R_b^{i_b^{min}}$ и $R_b^{i_b^{max}}$ — риски соответствующие нижней и верхней границе, когда система находится в состоянии [b]. При этом состояние [b] определяет устойчивое, а [a] — слабоустойчивое поле рисков.

Для неустойчивого переходного периода характерно наличие различных подсистем с переходными процессами, которые не связаны между собой и разнонаправлены.

Что касается устойчивого квазипереходного периода, то для него характерно наличие закономерной смены системоциклов, а неустойчиво квазипереходного — случайная смена системоциклов, что достаточно полно можно описать случайной выборкой из любого множества (набора) альтернатив.

Для неустойчиво стабильных и неустойчиво квазистабильных периодов характерно наличие перенасыщенной стабильности всей системы или отдельных подсистем, т. е. система или её подсистемы готовы к переходу в новое (другое стабильное) состояние, но период перехода строго недетерминирован.

Следует отметить, что периоды жизнедеятельности систем, связанные с неустойчивостью, являются кризисными и обладают большой неопределённостью и высокими рисками.

Что касается множества факторов, влияющих на величину риска, то их целесообразно классифицировать по четырём категориям направленности воздействия — глобальные (фоновые), прямого воздействия, косвенного воздействия и внутрисистемные, и четырём категориям возможности реализации — природные, техногенные, постэкологические и социальные.

Самая неопределённая категория — это факторы косвенного воздействия, которые очень часто способны трансформироваться в факторы прямого воздействия и даже глобальные.

Каждая из категорий факторов специфически влияет на риск функционирования систем, формируя общую величину риска —

$R_{\text{общ}} = f(R_k, R_n, R_p, R_c)$, где R_i – соответственно величины рисков, которые формируются соответствующими категориями факторов.

Общая модель изменения величины риска функционирования систем в квазистабильный период, который наиболее характерен для практики, представима в виде – $R_k > R_n > R_p > R_c$ (рис. 2).



Рис. 2. Модель изменения величины риска как функция категории факторов в квазистабильный (наиболее желательный) период функционирования систем.

Зная же динамику источников риска можно достаточно легко и достоверно прогнозировать степень критичности (категорию ситуации и уровень уязвимости) оптимального функционирования любой гео- и агроландшафтной систем.

В таблице приведены наиболее типичные модели рискозащищённости (приемлемости риска) для гео- и агроландшафтных систем.

Бесспорно, что прогнозируя для конкретной гео- или агроландшафтной системы ее состояние и особенности функционирования в определенный период, недостаточно знать только категорию ситуации и уровень уязвимости (например, ситуация критическая, уровень уязвимости – минимальный). Поэтому следующим этапом исследований должны быть принципы оценки рисков функционирования, качественный и количественный анализ рисков, исходя из функциональной неопределенности гео- и агроландшафтных систем, и проблемы их минимизации.

Таблица

| Сформировавшаяся модель динамики рисков | Особенности условий функционирования систем | Категория ситуации и уровень уязвимости систем | |
|--|--|--|--------------|
| $R_k > R_n > R_p > R_c$ $R_n > R_n^f$ | Факторы прямого воздействия переходят критическую границу и изменяют условия функционирования | К Л А С С И Т И К | Низкий |
| $R_k > R_n > R_p > R_c$ $R_p > R_p^f$ | Факторы косвенного воздействия переходят критическую границу, частично переходя в прямые и изменяют условия функционирования | | Минимальный |
| $R_k > R_n > R_p > R_c$ $R_c > R_c^f$ | Факторы фонового воздействия переходят критическую границу, частично переходя в более низкие категории и изменяют условия функционирования | | Повышенный |
| $R_k > R_n > R_p > R_c$ $R_n > R_n^f$ $R_p > R_p^f$ | Факторы прямого и косвенного воздействия переходят критическую границу, становятся трудноразличимыми и изменяют условия функционирования | | Средний |
| $R_k > R_n > R_p > R_c$ $R_p > R_p^f$ $R_c > R_c^f$ | Факторы косвенного и фонового воздействия переходят критическую границу, становятся трудноразличимыми и изменяют условия функционирования | | Сильный |
| $R_k > R_n > R_p > R_c$ $R_n > R_n^f$ $R_p > R_p^f$ $R_c > R_c^f$ | Факторы прямого, косвенного и фонового воздействия переходят критическую границу, становятся трудноразличимыми и изменяют условия функционирования | | Недопустимый |

| Сформировавшаяся модель динамики рисков | Особенности условий функционирования систем | Категория ситуации и уровень уязвимости систем | |
|---|--|--|-------------|
| $R_k > R_p > R_c$ $R_k < R_n$ | Факторы прямого воздействия становятся более значимы чем внутрисистемные | КАТАСТРОФИЧЕСКАЯ | Минимальный |
| $R_k < R_n < R_p$ $R_k > R_c$ | Факторы прямого и косвенного воздействия становятся более значимы чем внутрисистемные | | Средний |
| $R_k < R_n < R_p < R_c$ | Факторы прямого, косвенного и фоновго воздействия становятся более значимы чем внутрисистемные | | Повышенный |

Примечание: R_i^r — граничное значение рисков i -го воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов П. Г. Способ системного прогнозирования технического риска. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. ВИНТИ. Вып. 4. — М., 1994, с. 26-33.
2. Измалков В. И., Измалков А. В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. — С.-Пб, НИЦЭБ РАМ, 1998, 482 с.
3. Ивченко Г. П. Мартыщенко Л. А. Информационная экология. — С.-Пб, Нордмед-издат, 1998, 201 с.
4. Лукша В. В., Шведовский П. В. К проблеме определения срока функционирования агроландшафтных систем до формирования критических уровней экологической надёжности. Вестник БГТУ // Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и экология, №2, Брест, 2002, с. 51-53.
5. Шведовский П. В. Особенности оптимизации экологической надёжности агроландшафтов. Вестник БГТУ // Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и экология, №2, Брест, 2002, с. 49-51.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Научно-исследовательский институт проблем Полесья НАН РБ

ГЕО- ЖӘНЕ АГРОЛАНДШАФТЫ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ҚЫЗМЕТІНДЕ ҚАУІПТІ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ ТУЫНДАУЫ ЖӘНЕ ТӘУЕКЕЛДІК МҮМКІНДІГІ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Геогр. ғылымд. канд.

М.Ж. Бүрлібаев

Геогр. ғылымд. канд.

А.А. Волчек

Техн. ғылымд. канд.

П.В. Шведовский

Қазіргі жағдайда геоэкожүйелердің қызметін зерттеу тек антропогендік кезең мәліметтері негізінде ғана жүргізіледі. Алайда бұл зерттеулерді антропогендік ықпалға дейінгі кезеңдерді де ескере отырып жүргізу қажет. Табиғи кешен өзгеруінің барлық бөліктерін, соның ішінде экожүйелердің қызметінде пайда болып тұратын қауіпті жағдайларды анықтау үшін бізге эвристикалық мәселелерді шешуге тура келеді. Бұл орайда жасанды экожүйелер ретінде агроландшафтар табиғи экожүйелерді зерттеуге көп көмегін тигізе алады.

УДК 551.510.42

**ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКА И
НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЕО- И
АГРОЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ**

| | |
|-------------------|-----------------|
| Канд. геогр. наук | М.Ж. Бурлибаев |
| Канд. геогр. наук | А.А. Волчек |
| Канд. техн. наук | П.В. Шведовский |

Предлагаемая статья посвящена принципам и методам определения оценок риска и неопределённости в функционировании геосистем (естественно-природные) и агроландшафтов (искусственные), для целей восстановления измененных экосистем

Сегодня проблемы качественной и количественной оценки эксплуатационной надёжности любой техногенной системы (объекта) на всех стадиях её функционирования стали менее актуальными, чем рискологические проблемы функционирования гео- и агроландшафтных систем.

Определить параметры надёжности техногенных систем, под которой понимается способность выполнять возложенные на неё функции с сохранением заданных параметров в течение определённого интервала времени в ожидаемых условиях эксплуатации, достаточно просто, используя теории отказов и выбросов случайных функций. Неопределённость параметров надёжности и параметров, характеризующих функционирование техногенных систем и инженерных объектов, вполне достоверно оценивается приёмами математической статистики [1, 5].

Так как любая гео- и агроландшафтная система должна рассматриваться как целостная социоэкологическая динамически противоречивая пространственно-временная система с длительным жизненным циклом, состоящая из неорганической, биологической, технологической и социально-экологических подсистем, обеспечивающих её стабильное развитие и сохранность продуктивности, регенерирующей способности, биоразнообразия и потенциала для выполнения в настоящем и будущем экологических и экономико-социальных функций на локальном, региональном и глобальном уровнях, то параметры надёжности функционирования техногенных систем для них мало применимы.

Исходя из законов композиции общей теории систем, эволюционно-экологической необратимости и принципов неполноты информации о внутренней природе составляющих компонентов и механизмах устойчи-

ности, с учётом логических правил соразмерности, истинности, поляризованности территориальных экологических и социально-экономических каркасов и временно-пространственного нарушения жесткости экологического каркаса функционирование гео- и агроландшафтных систем может быть описано через суммарные статистики на базе теории векторов или интервальными оценками таких параметров экологической надёжности и экологической устойчивости как доверительные границы, степень и границы максимального риска, их приемлимость и рискозащищённость.

Анализ исследований в области создания общей структуры принципов оценки надёжности (рисков) структурно- и связевосложных систем, достоверность знаний о компонентах которой очень малая [2, 3] показывает, что любая структура должна удовлетворять принципам относительной полноты и непересекаемости и, соответственно, оценка (анализ и синтез) рисков должна базироваться на трёхуровневой системе принципов: первый – методологический (определяющий концептуальные положения), второй – методический (связанный со спецификой систем, надсистем, подсистем и конкретикой условий) и третий – операциональный (связанный с однозначностью и достоверностью информационных потоков).

Анализ концептуальных основ оптимизации решений экологических проблем [6, 7, 8] позволил сформировать следующую значимую группу методологических принципов – объективность, корректность, ограниченность, системность, взаимозависимость, позитивность и однотипность.

Объективность риска означает, что при оценке необходимо обеспечить достоверность отражения структуры и характеристик системы, при этом нужно полно, по мере возможного, учесть как качественные и количественные параметры переходных процессов, так и степень недостоверности и неопределённости, объективно присущую будущему.

Корректность рисков означает, что при оценке должны выполняться такие формальные требования как аддитивность, транзитивность, непропорциональность и интервальная монотонность, т. е.

$$R_{\text{итог}} = R_1 + R_2; R_{\text{итог}} < R_{\text{итог}}^{*1} < R_{\text{итог}}^{*2}; R_i \in R_{\text{итог}}^i, \text{ где } R_i - \text{общие и частные риски.}$$

Ограниченность рисков означает, что их формирование во многом зависит от наличия ресурсов однократного или многократного пользования (природные, социальные, трудовые, финансовые и информационные), а системность (комплексность) – что в своей совокупности они должны образовывать замкнутую систему иерархического типа: эмерджентные ↔ неэмерджентные риски.

Взаимозависимость рисков означает, что формирование (возникновение) одних рисков непосредственно или через сложные опосредованные связи приводит к формированию других (например, экологиче-

ские→социальные→экономические), а однотипность, что независимо от типа риска, все они имеют противоречивую экономическую или внеэкономическую оценку, но обязательно – прямую.

Позитивность же рисков означает, что интегральный показатель риска не должен быть больше уровня приемлемости, т. е. риски не должны приводить к катастрофической ситуации.

Основные методические принципы – разновосприимчивость, динамичность, согласованность и диссонансируемость исходят из предположений, что любое действие вносит в систему и, соответственно, в окружающую среду что-то специфическое, при этом даже при несинхронности отдельных проявлений реально однозначная характеристика предполагаемой динамики процессов.

Операциональные принципы определяют моделируемость и симплифицируемость рисков, т. е. возможность описания любой рискованной ситуации моделью с относительно простым информационно-вычислительным методом оценки риска.

Совокупность всех этих принципов позволяет любую рискологическую проблему рассматривать и трактовать как абстрактную систему, познание которой требует анализа со структурным или функциональным подходом и синтеза, с эмерджентным или синергическим подходом [4]. На рис. 1 и рис. 2 приведены специфические особенности анализа и синтеза абстрактной системы рискологической ориентации.



Рис. 1. Особенности анализа абстрактной системы рискологической ориентации.

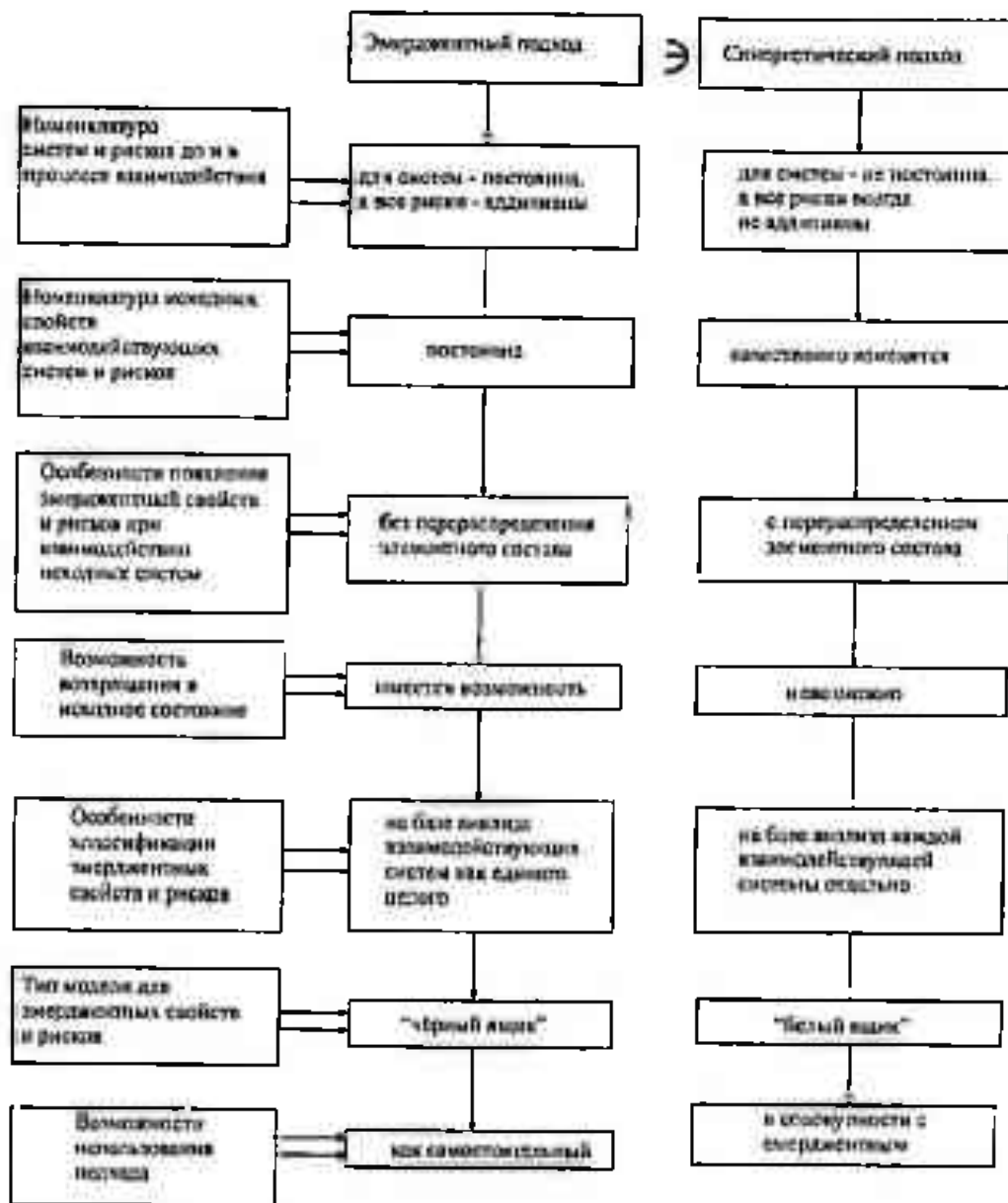


Рис. 2. Особенности синтеза абстрактной системы рискологической ориентации.

Функциональный подход к анализу риска обуславливает возможности реализации одного из трёх принципиальных вариантов;

I вариант – риск представляют как неизвестное – “чёрный ящик”, поведение которого полностью зависит от входных воздействий (факторов X_i) и внутреннего состояния системы, т.е. $X_i \in Y_i$, что позволяет определить номенклатуру факторов (X_i), параметров Y_i и функциональную связь между ними - $Y = \varphi(X_1, X_2, \dots, X_n)$, где Y – целевой параметр (риск);

II вариант – риск представляют как фактор (одно из входных воздействий (X_p)), который наряду с другими факторами определяет состояние и поведение системы, что позволяет определить значимость влияния риска на состояние объекта и взаимосвязь фактора (X_p) с параметрами (Y_i);

III вариант – риск представляют как параметр (одну из выходных реакций Y_p) который, наряду с другими, определяет функционирование системы, что позволяет определить значимость риска для функционирования системы и взаимосвязь факторов (X_i) с параметром (Y_p).

Для анализа структурных составляющих абстрактной системы на разных уровнях целесообразно использовать структурный подход, который также может быть реализован по одному из следующих трёх вариантов:

I вариант – риск структурируют на уровни с неизменяющимися свойствами, что обеспечивает постоянство свойств структурных составляющих, при переходе с низких на более высокие уровни ($E_0 = E_1 = E_2$, где E_0 , E_1 и E_2 – соответственно свойство на уровне ($j+1$) и j);

II вариант – риск структурируют на уровни с аддитивно изменяющимися свойствами, что обеспечивает аддитивную зависимость свойств структурных составляющих низкого и высокого уровней ($E_0 = E_1 + E_2$);

III вариант – риск структурируют на уровни, связанные взаимозависимой зависимостью ($E_0 = f(E_1, E_2)$);

Что касается синтеза абстрактных систем, т. е. образования новых эмерджентных или не эмерджентных свойств в процессе взаимодействия систем (элементов), то он также может быть реализован по одному из трёх вариантов:

I вариант – взаимодействие (объединение) систем (элементов) приводит, как минимум, к образованию у одного свойства нового качества, т.е. свойство E_k системы C_0 имеет новое качество (другие характеристики) по сравнению со свойствами E_1 и E_2 составляющих её систем (элементов);

II вариант – взаимодействие (объединение) систем (элементов) приводит, как минимум, к образованию нового свойства, принадлежащего тому же сингулярному классу систем, что и изучаемая система (объект), т.е. свойство E_k системы C_0 не имеет аналогов у составляющих её систем (элементов) C_1 и C_2 , но оно принадлежит тому же сингулярному классу;

III вариант – взаимодействие (объединение) систем (элементов) приводит, как минимум, к образованию одного нового свойства, принадлежащего другому сингулярному классу, чем изучаемая система (объект), т.е. свойство E_k системы C_0 не имеет аналогов у составляющих её систем (элементов) C_1 и C_2 и оно принадлежит другому сингулярному классу.

Все эти варианты чётко определены следующими свойствами эмерджентных систем: – эмерджентные свойства не сводимы к свойствам

элементов, составляющих систему, т. к. они существуют только при взаимодействии элементов (систем);

- эмерджентных свойств у системы всегда меньше, чем неэмерджентных;

- появление хотя бы одного эмерджентного свойства у совокупности взаимодействующих элементов трансформирует это образование в систему;

- не всякое взаимодействие элементов приводит к образованию у их совокупности эмерджентных свойств.

Отсюда, если взаимодействие приводит к изменению свойств структурных составляющих, то синтез абстрактных систем необходимо осуществлять на синергетическом подходе по аналогичным вариантам.

Однако, независимо от подхода, все методы анализа риска и неопределённости можно подразделить на следующие группы (рис. 3).

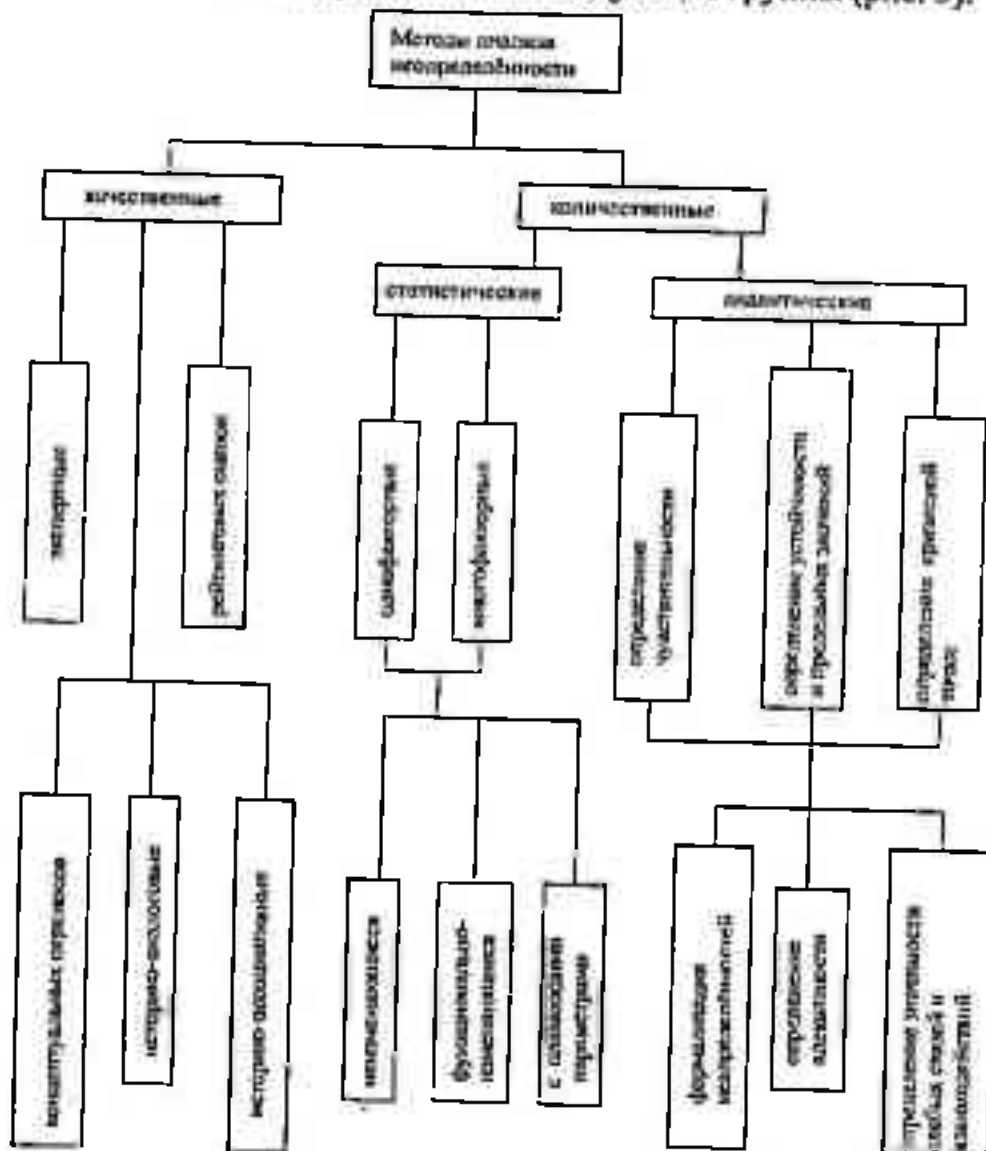


Рис. 3. Группирование методов анализа риска и неопределённости.

Анализ жизнеспособности гео- и агроландшафтных систем [1, 3, 6, 8], в зависимости от периода её функционирования, требует также выделять стратегический (в квазистабильный период) и тактический (в переходной период) риск. При этом учёт рисков в функционировании может быть слабым, только отдельных рискологических проблем и в интегральной форме, что и определяет кратко-, средне- и долгосрочную перспективы функционирования.

Отсюда принципиальная схема оценки риска и неопределённости должна иметь вид (рис. 4).



Рис. 4. Принципиальная схема оценки риска и неопределённости функционирования гео- и агроландшафтных систем.

Следует отметить, что для практики бесспорно важнее является проблема не оценки риска и неопределённости функционирования, а выявление рискозащищённости гео- и агроландшафтных систем, как параметра, характеризующего вероятность сохранения работоспособности внутрисистемных связей и адаптационную способность структурных составляющих и компонент системы к формируемой “враждебной” среде, т.е. экстремальным внешним и внутренним воздействиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов П.Г. Способ системного прогнозирования технического риска. / Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. ВИНТИ. Вып.4., М.: 1994, с. 33-36.

2. Буянов В.П., Кирсанов К.А., Михайлов Л.А. Рискология. М.:Экзамен, 2001, с. 382.
3. Ивченко Б.П., Мартыщенко Л.А. Информационная экология. С.-Пб., Нормед-издат, 1998, с.201.
4. Куржановский А.В. Управление и наблюдение в условиях неопределённости. М.: Наука, 1997, с.238.
5. Мирухулава Ц.Е. Надёжность систем осушения. М., Агропромиздат, 1985, с.240.
6. Сархисян С.А. Прогнозирование развития больших систем. – М.: Статистика, 1975, с. 192.
7. Шведовский П.В. Особенности оптимизации экологической надёжности агроландшафтных систем. Вестник БГТУ// Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и экология. №2, Брест, 2002. с. 49-51.
8. Шведовский П.В., Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А. Концептуальные основы оптимизации решений экологических проблем. Проблемы гидрометеорологии и экологии. Материалы междунар. Конференции. КазНИИМОСК, Алматы, 2001. с. 353-358.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Научно-исследовательский институт проблем Полесья НАН РБ

**ГЕО- ЖӘНЕ АГРОЛАНДШАФТЫ ЖҮЙЕЛЕР ҚЫЗМЕТІНІҢ
ТӘУЕКЕЛІН ЖӘНЕ БЕЛГІСІЗДІГІН БАҒАЛАУ ПРИНЦИПТЕРІ
МЕН ӘДІСТЕРІ**

| | |
|----------------------|-----------------|
| Геогр. ғылымд. канд. | М.Ж. Бүрлібаев |
| Геогр. ғылымд. канд. | А.А. Волчек |
| Техн. ғылымд. канд. | П.В. Шведовский |

Ұсынылып отырған мақала өзгертілген экожүйелерді қалпына келтіру мақсатында геожүйелердің (табиғи) және агроландшафтардың (жасанды) қызметіндегі тәуекел мен белгісіздік бағаларын анықтаудың принциптері мен әдістеріне арналған.

УДК 631.6:502.3+519.95+330.115

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ЭКОСИСТЕМ, ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И КРИТИЧЕСКИХ
УРОВНЕЙ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ**

Канд. геогр. наук

М.Ж. Бурлибаев

Канд. геогр. наук

А.А. Волчек

Канд. техн. наук

П.С. Пойта

Канд. техн. наук

П.В. Шведовский

В настоящее время все природные экосистемы подвержены антропогенному воздействию. Например, речные экосистемы невозможно представить без водохозяйственных объектов, расположенных в бассейнах рек. Поэтому, устойчивость антропогенно измененных экосистем определяется исходя из критических уровней экологической надежности и взаимосогласованности функций во времени.

Устойчивость экосистем и, соответственно, экологическая безопасность мелиоративных и водохозяйственных объектов зависит от критических уровней их экологической надежности. Так как экологическая безопасность определяется относительной сохранностью и быстрым восстановлением способности объекта к выполнению присущих ему функций, то оценка может базироваться на теории принятия решений в условиях неопределенности, непараметрических методов математической микро-статистики или морфологическом анализе [1, 2].

Для любой системы (объекта) на основе анализа ее эволюции, используя эвристические методы, возможно, составить систему расчетных случаев ее развития, с соответствующей степенью детализации [3, 4, 6].

В качестве оценочного показателя (оценочного функционала) ранжирования нами использован критерий Байеса $W_i = \sum_{j=1}^n P_j \cdot R_{ij}$, определяющий меру $\Delta_j = \max R_{ij} - 1$, $1 \leq \Delta_j \leq m$ и сумму рангов $S_i = \sum_{j=1}^n R_{ij}$, а

для количественной оценки – оценку Фишборна $P_j = \frac{2 \cdot (n - j + 1)}{n \cdot (n + 1)}$, $j=1, 2, \dots, n$.

С учетом принципа максимума неопределенности, выражения этих критериев и параметров примут вид:

$$S = \sum_{j=1}^{\ell} k_j \cdot (n - j + 1); \quad \ell = n - \sum_{j=1}^n (k_j - 1);$$

$$\sum_{j=1}^{\ell} k_j \cdot P_j = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad P = (n - j + 1 / S);$$

где k_j – степень кратности ранговых последовательностей при упорядочении по мере Δ_j .

Морфологическая матрица ранговых состояний для эко- и агроландшафтных систем Белорусского Полесья имеет вид таблицы. В основу матричных данных положены результаты исследований последних 20 лет [5].

Анализ матрицы определяет следующие значения мер: $\Delta_1 = 9$, $\Delta_2 = 4$, $\Delta_3 = 8$, $\Delta_5 = 2$, $\Delta_6 = 7$, $\Delta_7 = 10$, $\Delta_8 = 7$, $\Delta_9 = 8$, $\Delta_{10} = 7$, $\Delta_{11} = 10$ и $\Delta_{12} = 9$, что и обуславливает следующее упорядочение ранговых последовательностей $B_7(B_{12}) > B_{12}(B_1, B_4) > B_3(B_9) > B_{10}(B_6, B_8) > B_2 > B_5$ с соответствующими весовыми коэффициентами $P_7 = P_{11} = 0,1008$; $P_{12} = P_1 = P_4 = 0,0924$; $P_3 = P_9 = 0,0840$; $P_{10} = P_6 = P_8 = 0,0756$; $P_2 = 0,0672$; $P_5 = 0,0588$.

Данное упорядочивание и определяет меру влияния объектных факторов на экобезопасность экосистем и тем самым необходимую степень их детализации. Определяющими факторами являются уровень гармонизации ресурсовоспроизводящих и средоформирующих функций (C_7), демографическая емкость территории по ресурсам (C_{11}), репродукционная способность территории (C_{12}), показатель антропогенных преобразований (C_1) и степень взаимодействия природных и производственных процессов (C_4). Полной детализации подлежат уровень гармонизации ресурсовоспроизводящих и средоформирующих и демографическая емкость территории по ресурсам.

Ранговая предпочтительность состояния водохозяйственных объектов с учетом совокупного действия факторов A' и только определяющих факторов A'' следующая:

$$A_3^I > A_7^I > A_5^I > A_{10}^I \text{ и } A_6^{II} > A_7^{II} > A_{11}^{II} > A_9^{II}.$$

Анализ ранговой предпочтительности определяет в качестве оптимального состояния A_7^{II} , которые формируются группой факторов по системе

$$C_{11} \rightarrow C_{10} \rightarrow \begin{Bmatrix} C_6 \\ C_3 \\ C_{12} \end{Bmatrix} \rightarrow C_8 \rightarrow C_9 \rightarrow \begin{Bmatrix} C_1 \\ C_7 \\ C_2 \\ C_5 \end{Bmatrix} \rightarrow C_3.$$

Для сравнения выполнено ранговое ранжирование предпочтительности состояний водохозяйственных объектов и формирующей системы факторов по критерию Байеса.

Соответственно имеем:

$$W_1 = 7,3668; W_2 = 3,1496; W_3 = 5,1963; W_4 = 7,1976; W_5 = 3,0643; W_6 = 8,7982;$$

$$W_7 = 9,3619; W_8 = 5,1965; W_9 = 4,8392; W_{10} = 3,6197; W_{11} = 9,0910; W_{12} = 8,3641.$$

Следовательно

$$A_7 > A_{11} > A_6 > A_{12} > A_1 > A_4 > A_8 > A_9 > A_{10} > A_2 > A_5.$$

Совпадение предпочтительности состояний по разным критериям практически полное.

Не менее актуальна и проблема оптимальных сроков реализации мероприятий, позволяющих перевести систему (объект) в желаемое состояние. Так как любые антропогенные системы (объекты) являются многоподсистемными, с непрерывным временем и непрерывными состояниями, то в основу определения оптимальных периодов должна лечь теория восстановления с использованием функции предельного распределения возраста

$$\psi(y) = \frac{1}{E(t)} \cdot \int_0^y \exp\left(-\int_0^x \lambda(x) dx\right) dt,$$

где $E(t)$ – математическое ожидание времени функционирования системы до критического уровня эконадежности и $E(t) = \int_0^{\infty} \tau \cdot f(\tau) d\tau$, τ – время оптимального функционирования основных подсистем; $\lambda(T)$ – средняя интенсивность формирования предкритических состояний системы.

Считая, что эконадежность системы в равной степени определяется эконадежностью всех m компонент [2, 6], то вероятность достижения ею критического уровня в промежутке от T до $T+\Delta t$ равна

$\gamma = \lambda \cdot \Delta_i + O(\Delta_i)$, где λ – постоянная величина, не зависящая от времени и числа компонент, определяющих требуемую эконадежность; $O(\Delta_i)$ – величина, имеющая порядок малости более высокий, чем Δ_i .

Тогда приняв, что система достигает критического уровня эконадежности, если число определяющих компонент достигает K , можно описать соответствующие переходы состояний экосистемы следующим образом $E_0 \rightarrow E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow \dots \rightarrow E_{K-1} \rightarrow E_K \rightarrow E_n$, где E_0 – начальное состояние системы; E_K – состояние системы при критическом уровне эконадежности; E_n – состояние системы с критическими уровнями эконадежности n компонент.

Переход системы из состояния E_0 в состояние E_n за время $[0, T+\Delta_i]$ может осуществляться одним из двух взаимно исключающих друг друга способов:

– за время $[0, T]$ имеет место переход $E_0 \rightarrow E_n$, а за время $[T, T+\Delta_i]$ не было формирования компонент с критическими уровнями с вероятностью совместности этих событий $P_n(T) \cdot [1 - (m-n) \cdot (\lambda \cdot \Delta_i + O(\Delta_i))]$;

– за время $[0, T]$ имеет место переход $E_0 \rightarrow E_{n-1}$, а за время $[T, T+\Delta_i]$ – $E_{n-1} \rightarrow E_n$ с вероятностью совместности этих событий $P_{n-1}(T) \cdot (m-n+1) \cdot (\lambda \cdot \Delta_i + O(\Delta_i))$.

Таким образом –

$$P_n(T + \Delta_i) = P_n(T) \cdot [1 - (m-n) \cdot (\lambda \cdot \Delta_i + O(\Delta_i))] + P_{n-1}(T) \cdot (m-n+1) \cdot (\lambda \cdot \Delta_i + O(\Delta_i))$$

и соответственно –
$$\frac{dP_n(T)}{dT} = -(m-n) \cdot \lambda \cdot P_n(T) + (m-n+1) \cdot \lambda \cdot P_{n-1}(T).$$

С каждым из состояний E_n связано число определяющих компонент $(m-n)$, что позволяет отыскать математическое ожидание числа компонент с некритическим состоянием –

$$A_K = \frac{K}{\sum_{i=0}^{K-1} \left[\left(\frac{1}{m-i} \right) + \frac{\lambda}{\ell} \right]}$$

Если $A_K > A_{K+v}$, то это значит, что, реализуя природоохранные восстановительные мероприятия при K критических компонентах, мы зна-

чительно увеличим период оптимального функционирования системы по сравнению с реализацией этих же мероприятий в период формирования $(K+v)$ критических компонент.

А так как, если $A_K > A_{K+1}$, то $A_K > A_{K+v}$, что соответственно и определяет число компонент, обуславливающих достижения системой критического уровня эконенадежности.

Отсюда период реализации природоохранно-восстановительных мероприятий будут оптимальным при достижении критического уровня одной компонентой системы, когда $\frac{1}{m \cdot (m-1)} \geq \frac{\lambda}{\ell}$, двух компонент, если

$$\frac{1}{m \cdot (m-1)} < \frac{\lambda}{\ell} \leq \frac{3 \cdot m - 1}{m \cdot (m-1) \cdot (m-2)} \text{ и т. д.}$$

Заметим, что $\frac{\lambda}{\ell} = \frac{E(\theta)}{E(\tau)}$, где $E(\theta)$ – математическое ожидание времени θ оптимального функционирования систем с компонентой, не достигшей критического уровня, а $E(\tau)$ – математическое ожидание времени τ необходимого для восстановления эконенадежной системы.

Исходя из среднестатистических значений для типовых агроландшафтных систем, имеем: $E(\tau) = 15$ лет, $E(\theta) = 3$ года и $m = 12$. Тогда $m = 1$ расчетное соотношение $1/132$, для $m = 2 - 1/40$, $m = 3 - 1/25$, $m = 4 - 1/8$, $m = 5 - 1/4$ и $m = 6 - 1/2$.

Так как $\lambda / \ell = 1/5$, то оптимизационный период для повышения эконенадежности системы будет при достижении критического состояния

любыми четырьмя компонентами, так как $\frac{1}{B} < \frac{\lambda}{\ell} = \frac{1}{5} < \frac{1}{4}$.

Однако, на практике чаще всего осуществляют покомпонентное восстановление эконенадежности системы, что определяет необходимость исследований особенностей перехода систем не только в соседние (слабоизмененные) состояния $(a_i \rightarrow a_{i+1})$, но и в сильноизмененные (деградированные) состояния $(a_i \rightarrow a_{i-k})$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивченко Б.П., Мартыщенко Л.А. Информационная экология. – С.-П.: Нордметиздат, 1998. – 201 с.

2. Никифоров И.В. Последовательное обнаружение изменения свойств временных рядов. – М.: Наука, 1983. – 198 с.
3. Румбель Э. Статистика экстремальных значений. – М.: Мир, 1965. – 392 с.
4. Мартыщенко Л.А., Панов В.В. Моделирование распределений, заданных характеристическими функциями. – М.: Кибернетика, 1985, № 3, с. 19 – 26.
5. Федоров В.Г., Шведовский П.В., Лукша В.В. Комплексная социо-эколого-экономическая оценка процессов трансформации природных и создания агроландшафтных систем. Вестник БГТУ, №2(2) 2000. – Брест: БГТУ, 2000. – с. 2-4.
6. Хевиленд Р. Инженерная надежность и расчет на долговечность. – М-Л.: Энергия, 1966. – 392 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Научно-исследовательский институт проблем Полесья НАН РБ
Брестский государственный технический университет

ЭКОЖҮЙЕЛЕРДІҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ, СУ-ШАРУАШЫЛЫҚ ОБЪЕКТІЛЕРІН ПАЙДАЛАНУ ЖАҒДАЙЛАРЫНЫҢ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ СЕҢІМДІЛІГІ ҚАУІПТІ ДЕҢГЕЙЛЕРІНІҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСТАРЫН ЗЕРТТЕУ

| | |
|----------------------|-----------------|
| Геогр. ғылымд. канд. | М.Ж. Бүрлібаев |
| Геогр. ғылымд. канд. | А.А. Волчек |
| Техн. ғылымд. канд. | П.С. Пойта |
| Техн. ғылымд. канд. | П.В. Шведовский |

Қазіргі кезеңде барлық табиғи экожүйелерге антропогендік ықпал жасалады. Мәселен, өзен экожүйелерін өзен алаптарында орналасқан су-шаруашылық объектілеріңіз елестету мүмкін емес. Сондықтан антропогендік өзгерістерге душар болған экожүйелердің тұрақтылығы экологиялық сенімділігінің қауіпті деңгейі мен олардың қызметінің уақыттағы сәйкестігіне негізделе отырып анықталады.

УДК 551.510.42

**О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК КАЗАХСТАНА В
ЦЕНТРАЛЬНО – АЗИАТСКОМ РЕГИОНЕ**

Канд. геогр. наук М.Ж. Бурлибаев

Канд. геогр. наук А.А. Волчек

Впервые даны комплексные характеристики загрязнения трансграничных рек Казахстана в Центрально-Азиатском регионе и ее причинно-следственная часть. Исходя из этих факторов сделана попытка определения этого загрязнения на речную экосистему.

Из всех стран Центрально-Азиатского (ЦАР) региона Казахстан на всех трансграничных реках (Или, Сырдарья, Шу, Талас) является замыкающей стороной. Такое положение в использовании водных ресурсов накладывает свой отпечаток в речной экосистеме. В добавок к собственным загрязнением водотоков, в результате хозяйственной деятельности накладывается трансграничное загрязнение с транзитным стоком из территории сопредельных государств. Если учесть трагедию Аральского моря в совокупности с загрязнением поверхностного стока, становится понятным неутешительное положение с состоянием экосистемы речных долин и с использованием водных ресурсов.

Основным потребителем водных ресурсов в Казахстане, как и в сопредельных странах ЦАР является орошение, на долю которого приходится свыше 90 % всего потенциала поверхностного стока.

При этом все трансграничные области Казахстана в использовании водных ресурсов замкнуты на реках Или, Сырдарья, Шу, Талас или же на их притоках расположенных на территории областей. Как выше отмечено, на всех рассматриваемых речных бассейнах, т.е. Или, Сырдарья, Шу и Талас качество воды таково, что в последнее время по отдельным загрязняющим ингредиентам использование стока этих рек стало опасным для здоровья населения. Например, использование стока р. Сырдарья представляет опасность по таким показателям как пестициды, сульфаты, хлориды, тяжелые металлы и органические вещества.

Следует подчеркнуть, что в практике гидрохимического анализа загрязняющих веществ, приводимые загрязнения за отдельно взятые дис-

кретные годы мало что дает в понимании вопроса динамики загрязнения. То есть, при сохранении объемов загрязняющих веществ из года в год, загрязнение поверхностного стока за отдельно взятые месяцы, кварталы и годы между собой сильно отличаются. Причиной тому является подчиненность гидрохимического режима гидрологическому режиму, т.е. загрязненность водотока всецело зависит от водности конкретного года с учетом разбавляемости и самоочищающей способности водотока.

Трансграничные водные объекты. Трансграничными водными объектами на территории Таджикистана являются реки Сырдарья, Исфара, Пяндж и Зеравшан. В Узбекистане трансграничными водными объектами являются основные реки Сурхандарья, Зеравшан, Сырдарья и Амударья. В Казахстане трансграничными водными объектами являются: реки Сырдарья, Шу, Талас, Или, Иртыш, Тобол, Ишим, Урал. В Кыргызской Республике трансграничными водотоками являются: р. Нарын, Шу, Карадарья, Талас. Помимо перечисленных основных трансграничных водных объектов, существует большое количество малых рек, которые являются трансграничными для территорий двух сопредельных государств.

Краткое описание проблемы на региональном уровне. Основными трансграничными водными объектами в странах Центрально-Азиатского региона (ЦАР) являются реки Сырдарья, Амударья, Шу, Талас, Мургаб, Теджен, Атрек, Зеравшан и другие.

Главной проблемой экологического кризиса Аральского моря является дефицит водных ресурсов и ухудшение качества вод трансграничных рек под воздействием орошаемого земледелия и возвратных коллекторно-дренажных вод. И одной из основных причин этого положения является отсутствие у речных экосистем Амударьи, Сырдарьи, а через них у экосистемы Аральского моря статуса полноправного участника водно-хозяйственного баланса в Центрально-Азиатском регионе. Опыт реабилитации экосистем показывает, прежде всего, должны быть определены потребности природных объектов в виде экологического стока, а не как принятые в практике стран ЦАР минимально-необходимые расходы воды или санитарные попуски ниже крупных гидротехнических сооружений и водохранилищ. Ввод речной экосистемы в ряды полноправных членов водно-хозяйственного баланса должен является неотъемлемой частью как национального, так и регионального плана действия по оздоровлению экологической ситуации.

Детализация выявленных проблем. В разделе современного состояния и детального обоснования выявленных проблем даны характеристики по рекам Амударья и Сырдарья, учитывая, что эти водотоки затрагивают стратегические интересы всех стран ЦАР. Далее будут проанализированы трансграничные реки, имеющие транзитный сток между двумя или тремя государствами ЦАР.

Основными источниками поверхностного стока ЦАР являются реки Амударья и Сырдарья, суммарный средний многолетний сток которых 115,6 км³, в бассейне Амударья формируется 78,46 км³, Сырдарья 37,14 км³. Распределение среднемноголетнего стока по республикам ЦАР представлено в табл.1.

Таблица 1

Среднемноголетний сток по республикам Центрально Азиатского региона

| Государство | Бассейн Амударья | Бассейн Сырдарья | Всего бассейн Аральского моря | |
|--------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|------|
| | | | км ³ | % |
| Казахстан | | 4,5 | 4,5 | 3,9 |
| Кыргызская Республика | 1,9 | 27,4 | 29,3 | 25,3 |
| Таджикистан | 62,9 | 1,1 | 64 | 55,4 |
| Туркменистан (вместе с Ираном) | 2,78 | - | 2,78 | 2,4 |
| Узбекистан | 4,7 | 4,14 | 8,84 | 7,6 |
| Афганистан | 6,18 | - | 6,18 | 5,4 |
| Всего | 78,46 | 37,14 | 115,6 | 100 |

На территории Центральной Азии сосредоточены значительные запасы подземных вод, используемых для целей водоснабжения и орошения.

Таблица 2

Подземные воды ЦАР

| Государство | Год оценки | Региональные ресурсы, млн м ³ | Утвержденные эксплуатационные запасы, млн м ³ |
|-----------------------|------------|--|--|
| Казахстан | 1990 | 1845,7 | 1224,2 |
| Кыргызская Республика | 1990 | 922,3 | 688,95 |
| Таджикистан | 1994 | 6654 | 2196 |
| Туркменистан | 1994 | 3358 | 1222 |
| Узбекистан | 1990 | 19679 | 6781 |
| Всего | | 32459 | 12112,15 |

Основным водопотребителем стран ЦАР является орошаемое земледелие – 91,6 % от общего объема водопотребления, далее следуют: хозяйственно-питьевое и коммунальное водоснабжение – 3,6 %, сельхозводоснабжение – 1,56 %, промышленное водоснабжение – 1,92 %.

В процессе орошения земель из-за природных условий и отсутствия на отдельных участках естественного дренажа (оттока грунтовых вод) существует большое количество систем для отвода сбросных вод с орошаемых территорий и стоков от промышленных, коммунальных, сельскохозяйственных и других предприятий. Среднемноголетний объем возвратных вод колеблется в пределах 36...38 км³.

Качественный состав водных ресурсов региона образуется в зоне формирования стока (Таджикистан, Кыргызстан) под влиянием природных факторов, в зоне транзита и рассеивания стока (Узбекистан, Казахстан и Туркменистан) под влиянием антропогенных факторов. Качество воды в реках на выходе из зоны формирования в основном отвечает нормативным требованиям для различных видов водопользования. Далее ухудшение качественного состояния вод связано со сбросами сточных и коллекторно-дренажных вод (КДВ) непосредственно в реки практически без очистки. Объемные показатели фактического использования водных ресурсов по странам ЦАР приведены в табл. 3.

Таблица 3

Использование водных ресурсов в странах ЦАР, млн м³

| Государство | Всего использовано, млн м ³ | В том числе | |
|-----------------------|--|-----------------------------|---------------|
| | | использовано на орошение | из них КДВ |
| Казахстан | 10918 | 9713 | 126 |
| Кыргызская Республика | 5105 | 4940 | 68 |
| Таджикистан | 12031 | 10338 | 364 |
| Туркменистан | 23821 | 23291 | 48 |
| Узбекистан | 58581 | 53416 | 4500 |
| Итого по ЦАР | 110456 | 101698 | 5158 |

Промышленные, коммунально-бытовые и КДВ, сбрасываемые в трансграничные реки повсеместно содержат от 8 до 15 загрязняющих веществ, концентрация которых в среднем превышает в 2...10 раз предельно-допустимые концентрации (ПДК) для хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Основными загрязняющими компонентами трансграничных рек являются: общая минерализация, сульфаты,

общая жесткость, фенолы, пестициды, в отдельных случаях нефтепродукты, азотная группа, медь, цинк. Качество подземных вод региона характеризуется минерализацией в диапазоне 1...3 г/дм³. По всему региону прослеживается тенденция ухудшение качества подземных вод.

Возвратные воды являются главным источником загрязнения водной среды региона. В КДВ преобладают сульфаты, хлориды и ионы натрия. В их составе содержатся также пестициды, соединения азота и фосфата. Установлено, что в коллекторы с орошаемых полей выносятся в среднем до 25% азота, 5% фосфата и до 4% пестицидов от внесенного количества. Их концентрация в коллекторном стоке в 5...10 раз и более превышает ПДК. Содержание минерализации и главных ионов повышается от горных районов к равнинным.

Созданная Центрально-Азиатская водохозяйственная система обеспечивала управляемость водными ресурсами региона. Существующие соглашения являются актами рамочного типа, они устанавливают основные направления сотрудничества без нормирования механизма их реализации, конкретных показателей и охраны вод. В связи с этим, развитие водных отношений между странами ЦАР в части охраны водных ресурсов и рационального использования характеризуются как недостаточно эффективные.

Наличие объективных противоречий национальных интересов среди стран ЦАР является основным фактором, затрудняющим региональной правовой базы водных и экологических взаимоотношений. Исследование изменения внутригодового распределения сульфатов дает однозначную тенденцию на повсеместный рост этого ингредиента. Например, при всех обеспеченностях естественного режима, максимальные концепции сульфатов для створа Тюмень-Арык были отмечены в пределах от 200 до 300 мг/дм³ в зимние месяцы и минимальные порядка до 180 мг/дм³ в летние. На современном уровне они наблюдаются на уровне от 500...600 мг/дм³ до 1200 мг/дм³ в зимние месяцы и 200 мг/дм³ и выше в летние.

Для створа Кызылорда при условно-естественном периоде в зимнюю межень максимумы были в пределах 200...300 мг/дм³ и минимумы в пределах 150...180 мг/дм³. Современные максимумы фактической концентрации сульфатов находятся в пределах от 600 до 1000 мг/дм³ с минимумами летних месяцев от 400 до 500 мг/дм³. Такая же тенденция наблюдается и в створах Казалы. Аналогичные картины по отношению к хлори-

дам, тяжелым металлам, пестицидам фиксируются по всей длине р. Сырдарья, т.е. от с. Кокбулак до створа Казалы.

По нашему представлению, это и есть результат экстенсивного использования водных ресурсов для целей орошения, когда неочищенные коллекторно-дренажные воды попадают в основное русло реки в качестве сбросовых вод для дальнейшего потребления, опять же в целях орошения в нижнем течении. Например, коллекторно-дренажные воды орошаемых массивов Южно-Казахстанской области, в пределах до 900 млн м³ повторно используются в Кызылординской области. При этом в составе речной воды преобладают ионы тяжелых металлов, сульфатов, хлоридов и пестицидов с повсеместным превышением ПДК.

Аналогичная картина, только наибольшей нагрузкой ионов тяжелых металлов, пестицидов и органических веществ наблюдается на примере рек Шу и Талас.

На наш взгляд, при исследовании загрязнения трансграничных водотоков необходимо точно установить причины и следствие этого загрязнения, ибо в противном случае невозможно принимать оптимальные варианты управленческих решений в области улучшения и оздоровления речных экосистем. Потому, приводимые данные в табл. 1 считаем необходимыми при рекогносцировочных оценках принимаемых решений.

Вследствие сложившейся ситуации, основными экологическими проблемами региона, связанными с использованием трансграничных водных объектов являются:

- общий дефицит водных ресурсов;
- загрязнение водных ресурсов;
- проблема управления водными ресурсами на региональном уровне.

Техническое состояние гидрологической и гидрохимической наблюдательной сети на трансграничных реках в последние годы значительно ухудшилось, а тенденция ее деградации начинает приобретать необратимый характер.

В связи с создавшейся ситуацией приобретает первостепенную важность проблема восстановления численности и технического состояния наблюдательной сети. В рамках этой проблемы особое внимание должно быть уделено строительству и оснащению современным оборудованием и средствами связи стационарных постов мониторинга в погра-

ничных створах трансграничных рек. До сих пор не решена проблема учета возвратных вод.

Анализ коренных причин выявленных проблем. Основные экологические проблемы связаны: с решением водохозяйственных проблем; борьбой с качественным «истощением» водных ресурсов; повышением степени комплексности при использовании земельно-водных ресурсов.

а) Общий дефицит водных ресурсов вызван:

- 1) неравномерностью образования и распределения водных ресурсов;
- 2) устаревшими нормативами, используемыми при распределении стока между странами ЦАР;
- 3) нерациональное использование водных ресурсов на национальном уровне;
- 4) образование искусственных водоемов за счет коллекторно-дренажных вод;
- 5) отсутствие водо-сберегающих технологий в различных отраслях народного хозяйства;
- 6) неувязка интересов ирригации и гидроэнергетики;

б) Ухудшение качества вод связано с:

- 1) неэффективной работой сооружений по очистке сточных вод;
- 2) неудовлетворительным состоянием хвостохранилищ, предприятий горнорудной промышленности;
- 3) неудовлетворительным состоянием зон санитарной охраны источников водоснабжения;
- 4) отсутствием обоснованного экологического стока рек и нормативно закреплённых водоохраных зон и полос, что влечет за собой:
 - прямое загрязнение водотоков;
 - использование водоохраных зон для орошения сельскохозяйственных культур;
 - дезорганизация мест обитания фауны;
 - дезорганизация растительного сообщества пойменных лугов;
- 5) недостаточным применением современных методов определения режима орошения для сельскохозяйственных культур, что вызывает в свою очередь:
 - непроизводительные потери и перерасход воды;
 - поднятие уровня грунтовых (солёных) вод;

- заболачивание и засоление земель;
- водную эрозию почв;
- необоснованные объемы воды на промывку почв.

б) с недостаточностью и неэффективностью КДС, что влечет за собой:

- неэффективное использование вод
- поднятие уровня грунтовых вод;
- загрязнение подземных вод;
- вторичное загрязнение и засоление вод и почв;
- отсутствие методов очистки возвратных вод.

7) несовершенной гидромелиоративной системы:

- непроизводительные потери воды на фильтрацию и на испарение при транспортировке с помощью магистральных, межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов;
- поднятие уровня грунтовых вод;
- трудность учета используемой воды.

8) с недостаточным применением биологических методов защиты растений и научно обоснованных норм применения ядохимикатов и минеральных удобрений:

- загрязнение поверхностных и подземных вод;
- загрязнение подземных вод;
- загрязнение атмосферного воздуха;
- загрязнение почв;
- отравление населения;
- интоксикацию почвенных и водных организмов.

с) Основными причинами, вызвавшими проблему управления водными ресурсами на региональном уровне являются:

- отсутствие единой для стран ЦАР нормативно-законодательной базы;
- отсутствие механизма практической реализации существующих межгосударственных соглашений;
- недостаточное планирование и управление водными ресурсами;
- решение экологических проблем водотоков и водоемов по остаточному принципу;
- сложность применения конвенции по международным рекам и озерам (Хельсинки –92, подписано одной Республикой Казахстан);

Анализ основных источников загрязнения.

Промышленные. Во всех странах ЦАР основными промышленными загрязнителями являются на национальном уровне:

- тяжелые металлы в сбросах горнодобывающей и металлообрабатывающей промышленности и др. (токсины);
- другие органические вещества из специфических отраслей промышленности (токсины и не токсины) подобно азоту, цианидам и др.;
- нетоксичные органические вещества (БПК, ХПК), например сбросы пищевой и легкой промышленности;
- токсичные органические составляющие, сбросов различных типов индустриальных предприятий, включая химическую промышленность, подобно нефтяным компонентам, растворам и т.д.

В рассматриваемых материалах на региональном уровне не приводится анализ загрязнения поверхностных вод в разрезе каждого промышленного в Узбекистане и Кыргызстане из-за отсутствия их сброса в трансграничные водотоки. Анализ промышленных источников загрязнения проведен в таблице 3 по материалам Таджикистана. Крупным загрязнителем водных ресурсов в бассейне реки Вахш азотосодержащими компонентами является Вахшский азотно-туковый завод. Контрольные анализы подземных вод промплощадки Таджикского алюминиевого завода, взятые из некоторых наблюдательных и пьезометрических скважин, показали содержание фтора концентрацией 1,5-2,5 мг/дм³ при ПДК 1,5 мг/дм³, свидетельствующее об утечках из их пруда-накопителя и водооборотных узлов. В анализах, взятых из других наблюдательных скважин, как на территории завода, так и за его пределами, фтор не обнаружен.

Промышленность стран ЦАР пережила тяжелый кризис, который сопровождался резким падением производства, радикальными структурными преобразованиями, разгосударствлением основных фондов, деградации сырьевой базы, что приводит к сокращению сброса загрязняющих веществ со сточными водами.

В традиционном понимании промышленного загрязнения рек Сырдарья, Шу и Талас в Казахстане нет, ибо вблизи этих водотоков промышленных предприятий горно-рудного производства нет. Есть только косвенное загрязнение р. Сырдарья с помощью притока, т.е. р. Бадам загрязняющихся хвостохранилищем отработанных руд Шымкентского свинцового завода. Основными источниками загрязнения рек Шу и Талас

являются недостаточно-очищенные сточные воды Шуйского сахарного завода и Таразского спиртоводочного завода.

На реке Бадам фоновое содержание металлов (медь, цинк, свинец, хром и кадмий) в створе г. Шымкент находились в пределах допустимых концентраций. На участке реки в районе створа "0,64 км ниже сброса свинцового завода" наблюдается увеличение концентрации меди - 5 ПДК, нитритов - 3,3 ПДК, нефтепродуктов - 3,7 ПДК, фенолов и сульфатов - 3,5 ПДК.

Река Сырдарья в районе Шардаринского водохранилища характеризуется загрязняющими веществами как сульфат, медь, нитриты, нефтепродукты. Максимальные концентрации сульфатов отмечены на уровне 8 ПДК, нитритов - 3 ПДК, нефтепродуктов и меди на уровне 4 ПДК.

Муниципальные. Коммунально-бытовые и часть промышленных сточных вод городов и поселков городского типа ЦАР подвергаются очистке на муниципальных (городских и поселковых) канализационно-очистных сооружениях (КОС). Данные по муниципальным источникам загрязнения трансграничных водных объектов приведены в таблице 4. Как показывает анализ, муниципальные источники загрязнения оказывают локальное влияние на трансграничные водотоки на коротких участках. При этом городские коммунально-бытовые стоки подвергаются очистке на муниципальных очистных сооружениях, преимущественно биологической очистке. Тем не менее эффективность их работы оставляет желать лучшего.

Сельскохозяйственные. В последние годы отмечается стабильная тенденция роста непроизводительных потерь воды в ирригационной отрасли. Причиной этому является неудовлетворительное техническое состояние ирригационных систем, износ оборудования, применение несовершенных методов полива. Существующие сети ирригации находятся на крайне низком уровне эксплуатации и более 70 % из них нуждаются в срочной реконструкции и перевооружении. Следствием этого являются значительные потери чистой воды при ее транспортировке потребителям (более 1800 млн м³/год или 20-26 % от общего забора воды из природных источников ежегодно). Сбросы и потери в сельском хозяйстве относятся к категории неорганизованных, и мониторинг их не проводится. Ежегодное применение минеральных удобрений, гербицидов, пестицидов, дефолиантов и зооветеринарных препаратов сократилось, по сравнению с 1990 го-

дом более чем в десять раз. Несмотря на это, неорганизованные сбросы сельскохозяйственных объектов, сбросные воды с полей являются источниками загрязнения водных объектов.

Из 10 км³ коллекторно-дренажных вод, образующихся в целом по казахстанской части бассейна р. Сырдарья на долю Южно-Казахстанской области Казахстана приходится порядка 1,0 км³ воды, тогда как по бассейнам рек Шу и Талас такие оценочные показатели отсутствуют, что в свою очередь показывает об отсутствии учета использования водных ресурсов. Как и для остальных территорий стран ЦАР в Казахстане основным источником загрязнения поверхностных вод являются сельскохозяйственные орошаемые земли за счет сброса коллекторно-дренажных вод. При этом основными загрязняющими веществами являются пестициды, сульфаты и хлориды

Оценка трансграничных аспектов. Распад в 1991 году Советского Союза и последовавшее за ним образование пяти независимых республик в Центральной Азии привели к изменению правового определения основных водотоков в регионе. Основные реки региона: Сырдарья, Амударья, Заравшан, Чу, Талас - из внутренних превратились в международные водотоки, в связи с чем возникла необходимость в создании нового правового режима, применимого к подобного рода водотокам. Данные качественного состояния трансграничных рек приведены в табл. 3. (За исключением Республики Туркменистан). Анализ таблицы 4 показывает, что по предложенным ингредиентам, качество воды в трансграничных водотоках по данным национальных служб мониторинга, находится в пределах ПДК. Отсутствие единой системы ведения мониторинга качества вод не позволяет провести достоверную оценку существующего положения загрязнения трансграничных водотоков.

Для стран ЦАР характерными загрязняющими компонентами трансграничных рек являются: общая минерализация, сульфаты, общая жесткость, фенолы, пестициды, в отдельных случаях нефтепродукты, азотная группа, медь, цинк. Возвратные воды, которые являются главным источником загрязнения водной среды региона, не учитываются ни по объему, ни по качеству, хотя в КДВ преобладают сульфаты, хлориды и ионы натрия. В их составе содержатся также пестициды, соединения азота и фосфата. Установлено, что в коллекторы с орошаемых полей выносятся в среднем до 25% азота, 5% фосфата и до 4% пестицидов от внесенного

количества. Их концентрация в коллекторном стоке в 5-10 раз и более превышает ПДК. Содержание минерализации и главных ионов повышается от горных районов к равнинным. Приведенная информация основана на расчетах, а не на фактических материалах.

Как ранее отмечали, для объективной оценки трансграничного загрязнения необходимо:

- пересмотреть существующие месторасположения гидропостов и гидрохимических створов с целью их выдвижения к государственным границам стран ЦАР, вплоть до организации совместного поста для контроля гидрологических и гидрохимических параметров транзитного стока;

- согласовать методы измерения и анализа гидрологических и гидрохимических параметров для достижения идентичных результатов.

В современных условиях во всех трансграничных водотоках, т.е. на реках Сырдарья, Шу и Талас наблюдается возросший антропогенная нагрузка по отдельным видам химических загрязнений. Например, по р. Сырдарья основными трансграничными загрязнителями являются: сульфаты, хлориды, пестициды, медь, цинк и ртуть.

Резкий рост концентрации пестицидов от 0,01 мкг/л до 0,25 мкг/л наблюдается с марта по апрель при уменьшении расходов воды с 620 м³/с до 400 м³/с. С апреля до сентября сохраняется тенденция снижения концентрации всех представителей пестицидов и гербицидов. Например, концентрации гексахлорана снижаются в этот период с 0,270 мкг/л до 0,04 мкг/л, тогда как линдан с 0,13 мкг/л до 0,03 мкг/л. Аналогичным образом ведут себя ДДТ, ДДЭ и ДДД. В сентябре месяце с резким пиком максимума отличаются ДДЭ (0,340 мкг/л) и гексахлорана (0,120 мкг/л) с последующим убыванием до 0,02 мкг/л. В сравнении с этим размахом колебания ДДТ, ДДД и линдана, за этот же период, не превышает предела от 0,01 мкг/л до 0,06 мкг/л. Загрязнение остальными ингредиентами имеет свои специфические периоды максимумов и минимумов концентрации.

На трансграничном участке химический состав воды р. Талас идет полностью сформировавшимся из территории Республики Кыргызстан. В створе с. Покровка основными загрязнителями являются органические вещества и железо.

Река Шу в створе с. Благовещенское содержит повышенное по сравнению с ПДК, органические вещества и азота нитритного на уровне

ЗПДК. Содержание нефтепродуктов находится в пределах от 3 до 5 ПДК, тогда как сульфаты до 4,8 ПДК.

Как ранее отмечали, для объективной оценки трансграничного загрязнения необходимо:

- пересмотреть существующие месторасположения гидрологических постов и гидрохимических створов с целью их выдвижения к государственным границам стран ЦАР, вплоть до организации совместного поста для контроля гидрологических и гидрохимических параметров транзитного стока;

- согласовать методы измерения и анализа гидрологических и гидрохимических параметров для достижения идентичных результатов.

Как известно из данных ВОЗ, основной побудительной причиной заболевания населения является питьевая вода. На нашем примере, т.е. в бассейне Арало-Сырдарьинского региона вопрос обеспечения населения питьевой водой стоит очень остро, потому как основу питьевой воды составляют грунтовые воды подпитываемые поверхностным стоком за счет гидравлической связи. Поэтому, такие болезни как брюшной тиф, острые кишечные инфекции, дизентерия, дифтерия, вирусный гепатит наблюдающиеся среди населения региона прежде всего связаны с употреблением некачественной питьевой воды. Например, по данным Центра здравоохранения Республики Казахстан у матерей, кормящих детей грудью в Аральском регионе в 90 % случаях обнаруживаются в материнском молоке пестициды. Думаю, здесь комментарии излишни.

Аральская катастрофа, случившееся на протяжении человеческой жизни одного поколения привело к тому, что пострадали не только экосистемы реки и моря, но и к потере местообитания населения региона, чему свидетельством служит массовый отъезд людей в другие области Казахстана в поисках более приемлемых условий жизни. При этом этот отъезд объясняется не только из-за ухудшения качества питьевой воды, а прежде всего из-за всецелого ухудшения жизни. При этом, следует подчеркнуть, что в связи с Аральской катастрофой потеряна, практически, дельта р. Сырдарья, уничтожена среда обитания рыб, птиц и т.д.

На сегодня, деградация экосистем рек Сырдарья, Шу и Талас, а также Аральского моря свершившейся факт. В результате полной зарегулированности стока рек Шу, Талас, Сырдарья привели к полной деградации поймы и дельтовых участков. При этом, прежде всего пострадали

пойменная и дельтовая растительность. Например, в зависимости от гидрологического режима, т.е. от водности реального года, в растительном сообществе наблюдались гидро- и гигрофиты - в многоводье; разнотравье - в средние по водности годы; гало- и ксерофиты - в маловодье. В настоящее же время из года в год в пойменной и дельтовой растительных сообществах доминируют гало- и ксерофиты характерные для маловодья и степной зоны, т.е. идет процесс опустынивания. Бездумное изменение гидрологического режима привело, также, к уничтожению нерестилищ фитофильных и литофильных рыб, что сильно отразилось в процессе воспроизводства рыбных запасов. Не является секретом для Арало-Сырдарьинского региона исчезновение ареала обитания ондатры и т.д.

Антропогенные факторы, в корне преобразовавшие экосистемы Арало-Сырдарьинского региона нанесли удар и по устойчивому социально-экономическому развитию Кызылординской области. К сожалению, отсутствие финансирования на реабилитацию региона, приводит к массовой миграции народонаселения области. Поэтому, пока не будут найдены пути финансирования на реабилитацию региона трудно говорить об устойчивости социально-экономического развития бассейна.

В настоящее время все природоохранные работы проводимые на территории Казахстана основываются на Законе РК "Об охране окружающей среды", принятым в 1997 году, а также на водном и лесном кодексах, Указа Президента "О земле". К сожалению, загрязнение трансграничных рек должного отражения не получили ни в одном из вышеперечисленных нормативных актов. Поэтому, есть смысл, в настоящее время, форсировать действие по выработке нормативно-правовой базы регламентирующей положение трансграничных водотоков на Международных актах, например "Хельсинки-92". При этом, следует подчеркнуть, что слабое исполнение межгосударственных соглашений по Аральскому порю, также не способствует реабилитации пострадавшего региона.

В современных условиях Казахстан участвует, практически во всех проектах касающихся реабилитации аральского региона. Например, работы связанные с деятельностью МКВК, МФСО и т.д. Начиная с 1998 года Казахстан участвует в проекте "Управление водными ресурсами и окружающей средой GEF", с 2000 г. в проекте "Рациональное и эффективное использование водных и энергетических ресурсов в ЦАР SPEKA", "Регулирование русла реки Сырдарья и северной части Аральского моря

SYNAS" и т.д. Надеемся, что участие Казахстана в этих проектах и в намечающихся других будет способствовать улучшению экологической обстановки трансграничных рек.

Оценка риска. Оценка риска здоровью. По приведенным материалам, проведение полной оценки риска здоровью не представляется возможным. По данным ВОЗ, причиной 80 % болезней является водный фактор. Такие болезни как брюшной тиф, острые кишечные инфекции (диарея), дизентерия, дифтерия, вирусный гепатит, действительно связаны с употреблением загрязненной воды, а заболоченные участки являются местами обитания переносчиков малярии. В таблице приведены сведения об инфекционных заболеваниях по Таджикистану за период 1998- 2000 годов. Для всего региона Средней Азии, проблема воды и питьевого водоснабжения издавна была ключевой среди других вопросов гигиены и санитарии окружающей среды, особенно в низовьях рек Амударья, Сырдарья. В бассейне Арало-Сырдарьинского региона вопрос обеспечения населения питьевой водой стоит очень остро, потому как основу питьевой воды составляют грунтовые воды, подпитываемые поверхностным стоком за счет гидравлической связи. Потому, такие болезни как брюшной тиф, острые кишечные инфекции, дизентерия, дифтерия, вирусный гепатит, наблюдающиеся среди населения региона, прежде всего связаны с употреблением некачественной питьевой воды. Например, по данным Центра здравоохранения Республики Казахстан у матерей, кормящих детей грудью в Аральском регионе в 90 % случаев обнаруживаются в материнском молоке пестициды. Оценка риска здоровью человека была проведена в Узбекистане и Кыргызстане в рамках подготовки Национального Плана Действий по Гигиене Окружающей Среды. В настоящее время в республике Узбекистан проводятся исследования организацией Врачи без границ (MSF) по Программе для Приаралья. MSF с 1998 года проводит исследования по состоянию окружающей среды в Приаралье и здоровья людей, проживающих в этом регионе. Исследования по Проекту "Качество воды, гипертония и мочекаменная болезнь" еще не завершены и результаты не опубликованы.

Оценка риска необратимости изменениям в окружающей среде. Потеря мест обитания.

Следствием антропогенного воздействия на окружающую среду, в частности на водные ресурсы, явилось:

- уничтожение среды обитания многих видов диких животных, птиц, рыбы;
- сужение ареала ряда видов;
- постепенное сокращение численности и вытеснение некоторых видов из обычных местобитаний;
- практически исчезли водно-болотные комплексы в Чуйской долине.
- деградировали экосистемы нижнего течения рек;

Потеря биоразнообразия. В настоящее время в стран ЦАР разработаны национальные планы действий по сохранению биоразнообразия и задействованы программы по их реализации на региональном уровне, например, проект сохранения биоразнообразия Западного Тянь-Шаня.

Оценка социально-экономического риска. Вопрос социально-экономической оценки ущерба от загрязнения и истощения водных ресурсов практически не освещен в научной и методической литературе. Комплексная экономическая оценка последствия нерационального использования и загрязнения подземных вод должна быть предметом отдельного исследования и требует своего решения в настоящее время. Имеющиеся материалы по данному вопросу недостаточны, проведены по различным показателям и объективное обобщение их не представляется возможным.

Существующие меры решения проблем. Законодательство. Законодательные акты в области управления охраны водных ресурсов представлены в основных природоохранных актах:

- Закон «Об охране окружающей среды» (Кыргызстан – 1999 г, Казахстан – 1997 г, Узбекистан – 1992 г, Таджикистан – 1993 г).
- Закон о воде (Кыргызстан – 1994 г, Казахстан – 1992 г, Узбекистан – 1993 г, Таджикистан – 2000 г).
- Постановление Правительства О водоохраных зонах и полосах водных объектов (Кыргызстан – 1995г, Казахстан – 1992г, Узбекистан – 1992 г, Таджикистан – 1994 г.
- Постановление Правительства О введении платы за сверхнормативные выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в природную среду и размещение отходов (Кыргызстан – 1992 г, Казахстан – 1993 г, Узбекистан – 1992 г, Таджикистан – 1993 г.).

Несмотря на множество законодательных и нормативных актов в постсоветских республиках ЦАР (кроме Туркменистана), сложившаяся

ситуация в экосистемах региона ярко доказывает малозначительность этих документов в деле охраны и рационального использования водных ресурсов трансграничных рек. Поэтому, в настоящее время есть целесообразность в:

- разработке единых норм и правил контроля за количеством и качеством транзитного стока в трансграничных участках;
- обустройстве трансграничных участков гидрологическими постами и гидрохимическими створами для совместного пользования (в случае невозможности такого варианта выдвижение гидрологического поста и гидрохимического створа национальных служб к государственным границам;
- совместной разработке научных основ экологического стока трансграничных рек.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Научно-исследовательский институт проблем Полесья НАН РБ

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОРТАЛЫҚ АЗИЯЛЫҚ АЙМАҚТАҒЫ ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ ӨЗЕНДЕРІНІҢ ЛАСТАНУЫ ТУРАЛЫ

Геогр. ғылымд. канд.

М.Ж. Бүрлібаев

Геогр. ғылымд. канд.

А.А. Волчек

Орталық Азиялық аймақтағы Қазақстан өзендерінің ластануының кешендік сипаттамалары және олардың себеп-салдарлары туралы ақпарат алғаш рет беріліп отыр. Осы факторларға негізделіп отырып, осы ластанудың өзендер экосжүйелеріне ықпалын анықтауға тырысушылық жасалған.

УДК 551.506.2:551.506.51(574)

**ВЕТРОВЫЕ НАГОНЫ НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ КАСПИИ И ИХ
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ**

Канд. геогр. наук Н.И. Ивкина

В статье рассмотрены вопросы, связанные с исследованием ветровых нагонов на Северном Каспии и их экологических последствий. Приведены конкретные примеры увеличения уровня нефтяного загрязнения морской среды после прохождения штормовых нагонов.

Каспийское море по своему биопотенциалу и использованию природных ресурсов имеет большое экономическое значение. Однако в последние годы оно испытывает серьезные антропогенные нагрузки. Все более активно используются прибрежные территории, что приводит к нарушению сложившегося экологического равновесия. Разработка нефтегазовых месторождений на акватории водоема создает угрозу подрыва биопотенциала моря. Особенно чувствительно к антропогенному воздействию обширное северо-каспийское мелководье, на долю которого приходится около четверти всей площади моря и всего лишь 0,5 % объема воды. Положение усугубляется тем, что для северо-восточного Каспия характерны периодические повышения уровня каспийского моря под действием ветра, так называемые нагонные явления. Особую опасность в настоящее время нагоны представляют еще и потому, что развиваются на фоне высокого стояния уровня каспийского моря. Как известно, начиная с 1978 г., он повысился на 2,5 м, что привело к затоплению прибрежной полосы шириной более 25 км, и нагонные воды достигают таких участков суши, которые не затоплялись уже много лет. Под влиянием сгонно-нагонных явлений параметры морской среды, особенно на мелководьях, претерпевают изменения, вызванные процессами загрязнения в результате смыва отходов различных производств, нерастворимых отбросов, затопления отстойников поглощающего типа. При нагонах средней величины уровень загрязнения возрастает в 30 и более раз. Опасность наводнений вынуждает строить защитные сооружения.

Особенностью данного района является то, что ведется интенсивная разработка месторождений углеводородов на континентальном шель-

фе. При добыче углеводородов в шельфовой зоне происходит снижение качества морской воды в результате загрязнения природными углеводородами и их спутниками, а также многочисленными реагентами, катализаторами, щелочами, кислотами, веществами, образующимися при горении и химическом превращении. Нефть, попадая в морскую воду, создает на ее поверхности нефтяную пленку (одна тонна нефти образует сплошную пленку на площади 2,6 км²). Легкие фракции нефти растворяются в воде, тяжелые оседают на дно. В результате в море ухудшается кислородный режим и возникают заморы, изменяется состав и физико-химические особенности донных отложений, из-за порчи нерестилищ ухудшаются условия нереста рыб и развития икры и личинок. Даже незначительные концентрации нефти приводят к изменению состава крови и нарушению углеводородного обмена рыб. Содержание нефти в воде выше 100 мг/м³ придает рыбам специфический запах и привкус, который не устраняется при технологических обработках [5].

Периодическое затопление нефтепромыслов при нагонах угрожает экологической стабильности водоема еще и потому, что происходит залповый сброс в море загрязнителей, т.е. В водоем попадает огромное количество загрязняющих веществ одновременно.

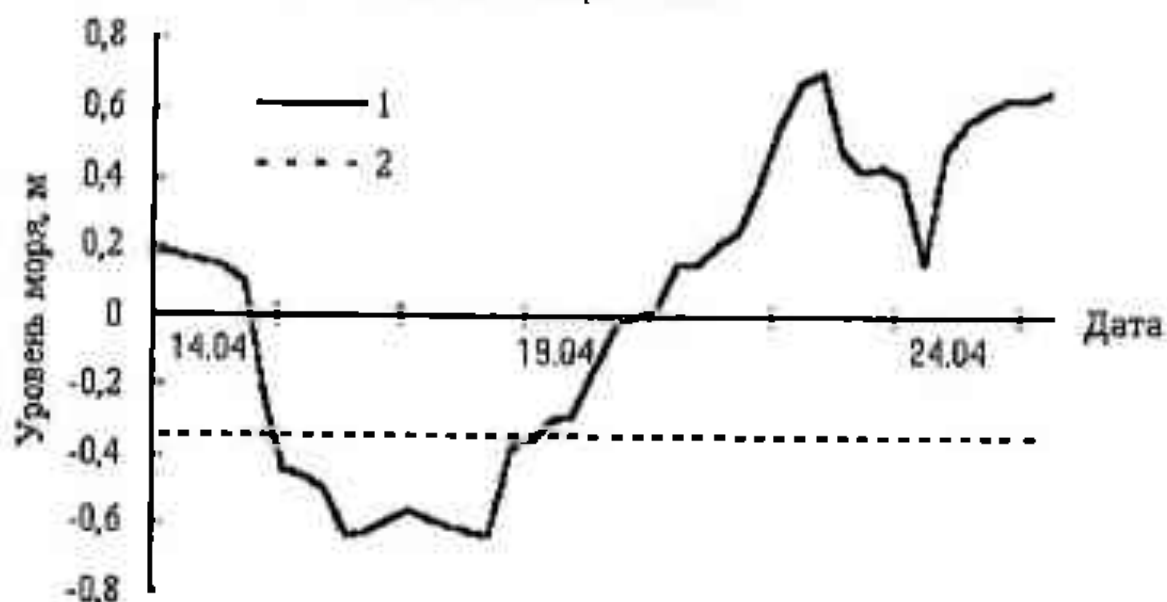


Рис. 1. График хода уровня Каспийского моря в период нагона с 14.04.87-24.04.87 по М Пешной. 1- уровень моря; 2- отсчетный горизонт.

Приведу несколько примеров. В 1986 г. При нагоне произошло затопление берегового открытого нефтехранилища, и в результате в море попало 200 т нефтепродуктов [7]. Весной 1987 г. вследствие усиления вет-

ра западного направления образовался нагон высотой более метра (рис. 1), в результате которого было затоплено 20 км побережья, в море попало 12 млн м³ пластовых вод с концентрацией нефтепродуктов 16 мг/дм³, что в пересчете на нефть превысило 190 т [6].

Как известно, основным критерием состояния объектов природной среды считается предельно допустимая концентрация (ПДК), то есть такая концентрация химического вещества, которая при ежедневном воздействии в течение длительного времени на организм человека не вызывает каких-либо патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами. В сентябре 1991 года в восточной части Каспийского моря (район месторождения Тенгиз) во время нагона была отмечена следующая динамика концентраций нефтепродуктов в воде (рис. 2): от 2,6 ПДК во время начала явления до 4,2 ПДК во время пика нагона.

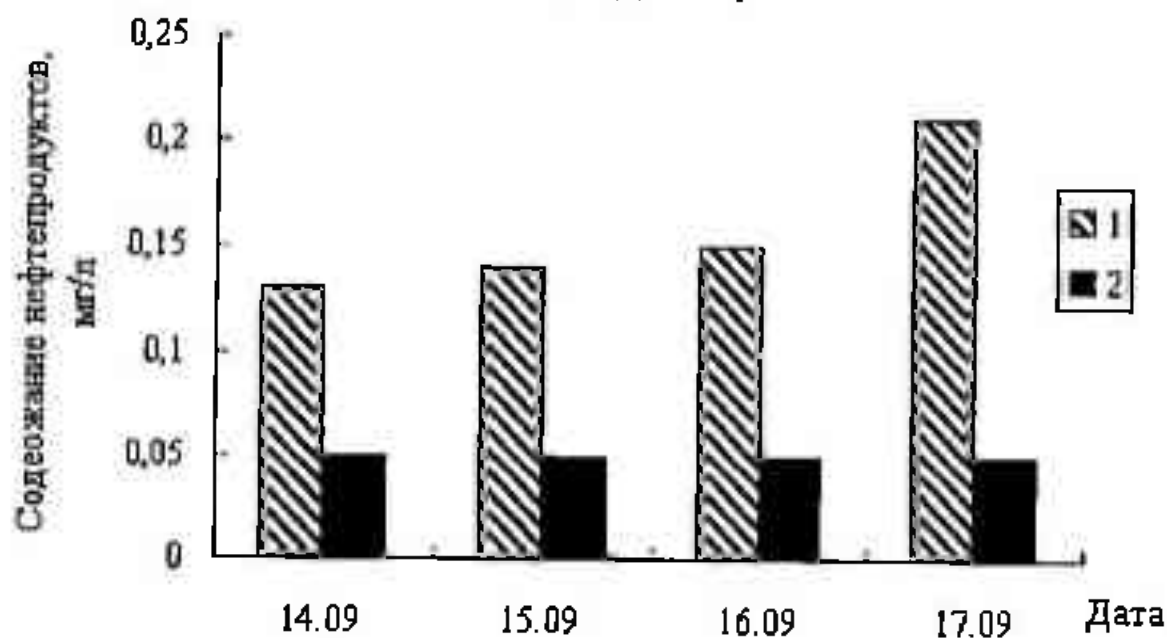


Рис. 2 Динамика загрязнения нефтепродуктами морской воды во время прохождения нагона 14.09.91-17.09.91 (район месторождения Тенгиз). 1- содержание нефтепродуктов в воде, мг/дм³, 2- предельно допустимая концентрация, мг/дм³.

В июне 1994 года в северной части Каспия (район нефтепромысла Мартыши) после сильного нагона отмечено резкое повышение уровня загрязнения нефтепродуктами - до 16 ПДК.

Экспедиционные исследования, проведенные в районах нефтепромыслов Забурунье, Мартыши, Камышитовый, показывают, что после нагонов средней силы уровень нефтяного загрязнения может повышаться до 30 ПДК,

а в районе месторождения Терень-Узек и Тенгиза до 3,6 ПДК. При более сильных нагонах (выше 1,0...1,2 м) эта величина может возрастать [1, 3].

Нагоны не только увеличивают загрязнение морской среды, они причиняют серьезный экологический ущерб побережью. Он может быть разделен на два вида: прямой и косвенный. Прямой – когда непосредственно происходит разрушение хозяйственных объектов, образование болот, соров, затопленных морской водой, и как следствие образования очагов инфекции на переувлажненных участках, повышение уровня грунтовых вод, их засоление, перемещение загрязнений, от чего увеличивается риск попадания их в питьевые источники. Косвенный – когда происходит нарушение экосистем при строительстве защитных сооружений, а именно возникновение очагов экологической дестабилизации почв, деградация растительности и образование очагов опустывания в районах защитных сооружений. Надо отметить, что существующие дамбы - это, как правило, грунтовые насыпи. Они если и защищают объект от воздействия моря, но не защищают его от воздействия грунтовых вод. Дело в том, что из-за повышения уровня моря, возникает подпор уровня грунтовых вод, которые вместе с атмосферными осадками скапливаются за дамбой. Такая ситуация, например, характерна для месторождения Каламкас (п-ов Бузачи), где происходит эпизодическое образование озера за дамбой и часто, особенно в многоводные годы, зимой и весной работа нефтепромысла практически парализуется.

Все выше сказанное подтверждает важность исследования нагонных явлений. Непериодические колебания уровня моря необходимо учитывать при планировании и проведении геолого-разведочных и гидротехнических работ в шельфовой зоне моря. Причем необходимо знать не только величину и интенсивность нагонов, но и пределы их распространения. Однако отсутствие достаточной сети стационарных станций наблюдений усложняет эту задачу. В этих условиях возрастает роль гидродинамического моделирования. Поэтому для решения указанной задачи был применен гидродинамический модуль MIKE 21, разработанный в Датском гидравлическом институте (ДГИ). Реализация этого модуля изложена в работах [2, 4, 8]. Анализ материалов наблюдений за период с 1961 по 2002 гг. по М Пешной позволил выделить наиболее сильный нагон, который наблюдался в мае 1990 года. В районе станции его высота достигала 1,45 м, а в районе Прорвы - 2,4 м. Это был катастрофический нагон на всем казахстанском побережье, вызвавший затопление больших площадей и нанесший существенный материальный ущерб экономике Казахстана.

Экономический ущерб от стихийного бедствия, причиненного нагонными водами только одному месторождению Терень-Узек, составил 1 274 000 долларов США. Экологический ущерб при этом не подсчитывался. Однако известно, что вследствие данного нагона на побережье сложилась крайне неблагоприятная санитарно-эпидемиологическая обстановка.

Синоптическая ситуация, способствующая образованию нагона такой силы, была выбрана в качестве базовой для гидродинамического моделирования. В результате удалось рассчитать высоты нагонов в малоизученных и самых уязвимых районах казахстанского побережья и определить территорию, находящуюся в зоне их воздействия. Вся исследуемая территория была разбита на шесть участков. Первый участок расположен между с. Курмангазы и пос. Жанбай. Эта территория характеризуется значительным затоплением берега в результате подъема фоновго уровня, что привело к подпору подземного стока, направленного к морю. В результате образовались небольшие водоемы, заполненные соленой водой, а также солончаки и заболоченные площади, разбросанные между собой и не имеющие открытой связи с морем. Замедлился водообмен в грунтовых водах, что привело к повышению их минерализации.

Второй участок расположен в окрестностях г. Атырау, третий – в междуречье Эмбы и Урала. На этих участках произошел отток морской воды в прилегающие депрессии. Образование таких депрессий привело к сокращению путей миграции грунтовых вод до моря и повышению их уровня. Одна из таких депрессий находится в дельте р. Урал у МГ Пешной. Четвертый участок находится в зоне действия нефтяного месторождения Тенгиз. К пятому участку относится территория, ограничивающая зал. Комсомолец, а к шестому – полуостров Бузачи и Мангышлакский залив. Здесь уже сильно изменились гидрогеологические условия прибрежной зоны в связи с подтоплением, вызванным поднятием уровня Каспийского моря, и можно представить, к каким экологическим последствиям приводят сгонно-нагонные явления, развивающиеся на этом фоне.

Применение гидродинамического модуля модели MIKE 21 позволило провести моделирование реальных критических штормовых ситуаций и определить не только максимальную высоту нагонной волны ($H_{\text{макс}}$) для различных участков казахстанского побережья, но и ширину, затапливаемой полосы (L) при значительных нагонах (табл.).

Таблица

Максимальная величина нагонной волны и ширина, затапливаемой полосы для различных районов Северо-восточного Каспия

| Номер участка | L, км | H _{макс.} , м |
|---------------|-------|------------------------|
| 1 | 15 | 1,8 |
| 2 | 20 | 2,4 |
| 3 | 50 | 2,7 |
| 4 | 30 | 3,0 |
| 5 | 50 | 2,5 |
| 6 | 15 | 2,1 |

Как видно, превышение уровня моря во время катастрофических нагонов может достигать 3,0 м, а ширина затапливаемой полосы — до 50 км. Такой подъем уровня моря имеет место на третьем-пятом участках. Затопление этой территории наиболее опасно в экологическом отношении, так как здесь ведется особенно интенсивная разведка нефти и газа. Прилежащие к морскому побережью территории нефтегазовых месторождений (Карсак, Терень-Узек, Караарна, и др.) в значительной мере преобразованы, опустынены и загрязнены нефтепродуктами и химическими соединениями. Известно, что здесь имеется множество земляных амбаров, не обеспеченных какой-либо изоляцией, в которых хранятся тысячи тонн нефти. По исследованиям биологов [1], наибольшие концентрации углеводородов характерны для рыб, обитающих в восточном секторе Каспия, в районе влияния нефтепромыслов, а содержание нефтепродуктов в их печени на порядок выше по сравнению с другими районами. Кроме того, затопление этого района сопровождается подъемом зеркала грунтовых вод и заболачиванием отрицательных форм рельефа побережья, что приводит к расширению зарослей тростника и другой надводной растительности. Происходят существенные изменения в территориальном распределении многих околоводных птиц.

Поскольку совершенно очевидно, что нагонные явления во многом определяют экологическое состояние региона, то полученные характеристики нагонных явлений, для различных участков побережья, рекомендуется учитывать при освоении и использования прибрежной зоны, а также при планировании и проведении природоохранных мероприятий, связанных с конкретным морским бассейном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дризо Е.А., Диаров М.Д., Большов А.А. Нефтяное загрязнение восточной части Северного Каспия и его возможные последствия // Научно-технический прогресс и экология Западного Казахстана: Материалы III республиканской научно-технической конференции. - Атырау, 1994. - с.14-15.
2. Ивкина Н.И. Ветровые нагоны морской воды, их моделирование и влияние на окружающую среду северо-восточного Каспия / Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. - Алматы, 1998. - 25с.
3. Кирьянов С.В., Афанасьев Н.А., Лукьянов Ю.С. Современное состояние загрязнения устья Волги и Северного Каспия // Каспий - настоящее и будущее: Материалы международной научной конференции. - Астрахань, 1995. - с.91-93.
4. Расчет ветровых нагонов на казахстанском побережье Каспийского моря на основе модели Mike 21 / Шиварева С.П., Ивкина Н.И., Строева Т.П., Васенина Е.И. // Сб. докладов международного научного семинара по экологическим проблемам прикаспийского региона. - М., 1999. - С. 14-16.
5. Степанов А. Всевидящее око мониторинга // Экология. - №5. - 2001. - С. 7- 15.
6. Тлеубергенов С.Т. Экологические проблемы прикаспийского региона / Аналитический обзор. - Алма-ата. - 1989. - 70 с.
7. Фролов А.В., Зильберштейн О.И., Музылев С.В. Особенности расчета экстремальных уровней в прибрежно-шельфовой зоне Каспийского моря / Сб. докладов международного научного семинара по экологическим проблемам прикаспийского региона, 1-3 декабря 1999. - Москва. - 1999. - С.176-180.
8. Шиварева С.П., Ивкина Н.И., Строева Т.П. К моделированию сгонно-нагонных колебаний уровня в береговой зоне Каспийского моря Республики Казахстан // Вестник КазГУ. - 1998. - №7. - С. 83-86.

Научно-производственный Гидрометцентр

СОЛТҮСТІК КАСПИЙДЕГІ ЖЕЛМЕН СУ ДЕҢГЕЙІНІҢ КӨТЕРІЛУІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ САЛДАРЛАРЫ

Геогр. ғылымд. канд.

Н.И. Ивкина

Мақалада Солтүстік Каспийдегі желмен су деңгейінің көтерілуін және оның экологиялық салдарларын зерттеуге байланысты мәселелер қарастырылған. Дауылды желдерден кейін теңіз ортасының мұнаймен ластануы деңгейінің өсуі мысалдары келтірілген.

УДК 622.241

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ
В ОКРЕСТНОСТЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ДОБЫЧЕ НЕФТИ:
ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ**

Б.Б. Дусипов

М.М. Утегенов

З.Н. Алтаева

Доктор техн. наук

У.К. Махамбетова

Показана необходимость разработки принципов нормирования экологической безопасности деятельности человека на предприятиях с повышенным воздействием на окружающую среду.

Бурное развитие нефтяной отрасли в Казахстане, особенно в его Западной части, требует разрешения некоторых экологических вопросов, связанных с обеспечением экобезопасности населенных пунктов, расположенных в регионах нефтеперерабатывающих предприятий.

В связи с этим возникла необходимость разработки правового акта, который должен состоять из принципов:

- приоритета прав человека на экологическую безопасность в отношении юридических лиц;
- нормирование экологической безопасности;
- ограничение размещения деятельности с повышенным воздействием на окружающую среду на территориях с высоким уровнем техногенной нагрузки, а также введение жестких экологических ограничений;
- обязательного проведения мероприятий с целью снижения риска экологической опасности;
- выбора эффективных по экологическим критериям технологий при осуществлении той или иной деятельности;
- установление ставок платы за землю и природные ресурсы.

В законопроекте должны быть отражены полномочия городских, районных и населенных пунктов, прилегающих к промышленным зонам (конкретно по добыче нефти).

Местные органы самоуправления должны включать в свою деятельность:

- участие в разработке и реализации экологических программ;
- обеспечение санитарного благополучия и экологической безопасности;
- принятие решений об ограничении, приостановлении, прекращении той или иной деятельности, осуществляемой с нарушением природоохранного законодательства, причиняющего ущерб окружающей среде и представляющего экологическую угрозу для населения;
- разработка сметы внебюджетного экологического фонда и контроль за его исполнением;
- координация деятельности экологических служб предприятий, учреждений и организаций, расположенных в окрестностях предприятий рассматриваемой отрасли;
- экологическое воспитание, образование.

В рамках данного законопроекта важно декларирование экологически опасных операций для некоторых этапов производства. Такая декларация должна являться обязательной для лицензионной деятельности.

Важными разделами правового акта являются экономическое регулирование и планирование мероприятий по обеспечению экологической безопасности, определение порядка разработки и финансирования экологических программ. Финансирование экологических программ и природоохранных мероприятий должно обеспечиваться со стороны предприятия и частично из местного бюджета.

Устойчивое финансирование экологических мероприятий, включающих выполнение поставленных задач с соблюдением установленных нормативов по экологической безопасности населения, представляет собой сумму расходов бюджета предприятия на поддержание благоприятного качества окружающей среды. С учетом конкретных стандартов определяются расходы и выделяются из бюджета отдельной строкой.

Новым «рычагом» финансового механизма может служить экологическое страхование в залоговой форме. Это позволяет до появления республиканского закона об экологическом страховании сделать страхование экологически опасной деятельности обязательным. Внесение определенного финансового залога будет гарантией по возмещению возможного ущерба природной среде и должно являться неременным условием для

выдачи лицензии на хозяйственную деятельность предприятия. Механизм взимания залоговых платежей должен быть гибким, что позволит подключить страховые компании к финансированию деятельности по обеспечению экологической безопасности и существенно уменьшит финансовое бремя предприятий.

Предлагаемый акт создает возможность принятия решений по обеспечению экологической безопасности населенных пунктов различных форм. Для принятия того или иного решения необходимо провести оценку воздействия деятельности предприятия на окружающую среду, эколого-хозяйственное зонирование и экологическую паспортизацию территорий, установление территориальных экологических требований и ограничений. В частности, предусмотрен запрет на размещение промышленных объектов, полигонов для промышленных отходов, складов для хранения нефтепродуктов в пределах водоохраных зон. Важным является требование о финансовом или ином участии собственников, владельцев, пользователей территорий промышленных зон, в благоустройстве этих территорий и их санитарно-защитных зон. Степень участия устанавливается согласно доли участия в данном имуществе.

На территориях с повышенной антропогенной нагрузкой при возникновении реальной угрозы жизни и здоровью населения должно быть предусмотрено установление особого режима хозяйственной деятельности. Инициаторами особого режима хозяйственной деятельности могут выступать местные власти и органы самоуправления. Режим должен быть введен распоряжением главы акимата данного региона на определенный срок. На это же время органами местной власти должны разрабатываться целевые экологические программы, направленные на улучшение экологической обстановки и обеспечение на территории безопасности.

Финансирование и реализация мероприятий по оздоровлению экологической обстановки на территории с особым режимом хозяйственной деятельности должно осуществляться на основании выработанной целевой программы с учетом особенностей:

- за счет отчислений от субъектов хозяйственной деятельности данной территории частично или полностью из бюджета и бюджета предприятия нефтяной отрасли;
- при недостаточном финансировании средства на реализацию природо-восстановительных мероприятий должны поступать

из вышестоящих органов данной отрасли в виде дотаций и субвенций;

- все поступившие средства в бюджет территории должны направляться исключительно на реализацию природо-восстановительных мероприятий, осуществляемых на основании целевой экологической программы.

Решение о снятии с территории статуса особого режима хозяйственной деятельности принимается исключительно главой акимата в случае достижения целей, определенных целевой экологической программой, на основании заключения региональной экологической экспертизы.

Этот законопроект содержит социальный характер, направленный на обеспечение гражданских прав личности. Все предъявляемые требования к промышленным объектам нефтяной отрасли основаны на существующем позитивном опыте зарубежных государств. Принятие такого законодательного акта в масштабах страны могло бы стать важным этапом на пути перехода к экологически безопасному устойчивому развитию депрессивных регионов государства.

Центральная лаборатория сертификационных испытаний строительных материалов

МУНАЙ ШЫҒАРАТЫН КӘСІПОРЫННЫҢ МАҢЫНДА ОРНА- ЛАСҚАН ЕЛДІ ТЕКЕННІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУПСІЗДІГІ: ҚҰҚЫҚТЫҚ РЕТТЕУ

Б.Б. Дүсипов

М.М. Өтегенов

З.Н. Алтаева

Техн ғылымд. докторы

У.К. Махамбетова

Өндірісті қоршаған ортаға жоғары әсер етуі адам өмірінің экологиялық қауіпсіздігін нормалау принципін қажеттілігін көрсетілген.

УДК 551.510.42

**О СОСТОЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В 1 КВАРТАЛЕ 2003 Г.**

Канд. геогр. наук

М.Ж. Бурлибаев

Канд. геол. - мин. наук

Е.Ж. Муртазин

Информация о состоянии загрязнения окружающей среды подготовлена по результатам работ, выполняемых специализированными подразделениями РГП «Казгидромет» по проведению экологического мониторинга за состоянием окружающей среды на наблюдательной сети национальной гидрометеорологической службы.

1. Состояние загрязнения воздушного бассейна

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха выполняются в наиболее крупных городах и промышленных центрах республики. Перечень подлежащих контролю загрязняющих веществ установлен с учетом объема и состава выбросов в атмосферу и результатов предварительного обследования загрязнения воздушного бассейна в конкретном населенном пункте.

Состояние загрязнения воздуха оценивается по результатам анализа и обработки проб воздуха, отобранных на стационарных постах наблюдений. Основными критериями качества являются значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе населенных мест [1, 2]. Уровень загрязнения атмосферы оценивается по величине комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), который рассчитывается по пяти веществам с наибольшими нормированными на ПДК значениями с учетом их класса опасности [3].

В 1 квартале 2003 г. наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха проводились в 19 городах республики: Актау, Актобе, Алматы, Астана, Атырау, Балхаш, Жезказган, Костанай, Лениногорск, Караганда, Павлодар, Петропавловск, Семипалатинск, Тараз, Темиртау, Уральск, Усть-Каменогорск, Шымкент, Экибастуз и пос. Глубокое (табл. 1.1).

Случаев экстремально высокого загрязнения атмосферного воздуха в городах, где проводились наблюдения, не зарегистрировано.

Таблица 1.1

Загрязнение воздушного бассейна городов Казахстана в I квартале 2003 г.

| Пункт | ИЗА ₅ | Примесь | Средняя концентрация | | Максимальная концентрация | | Р, % |
|---------------|------------------|-----------------|----------------------|------------|---------------------------|------------|------|
| | | | мг/м ³ | кратно ПДК | мг/м ³ | кратно ПДК | |
| Актау | 4,2 | Пыль | 0,3 | 2,0 | 1,0 | 2,0 | 10 |
| | | NO ₂ | 0,04 | 1,0 | 0,13 | 1,5 | 3 |
| Актобе | | NO ₂ | 0,05 | 1,3 | 0,11 | 1,3 | 2 |
| | | Формальдегид | 0,013 | 4,3 | 0,021 | | |
| Алматы | 13,1 | Пыль | 0,2 | 1,3 | 1,1 | 2,2 | 3,0 |
| | | Оксид углерода | 5 | 1,7 | 34 | 6,8 | 27 |
| | | NO ₂ | 0,10 | 2,5 | 0,68 | 8,0 | 48 |
| | | Фенол | 0,003 | 1,0 | 0,012 | 1,2 | 0,4 |
| | | Формальдегид | 0,012 | 4,0 | 0,044 | 1,3 | 0,1 |
| Астана | 4,1 | Пыль | 0,3 | 2,0 | 2,3 | 4,6 | 16 |
| | | NO ₂ | 0,05 | 1,3 | 0,21 | 2,5 | 19 |
| | | NO | 0,003 | | 0,071 | 3,6 | 1 |
| Атырау | 1,4 | Пыль | 0,1 | | 0,2 | | |
| Балхаш | 1,8 | SO ₂ | 0,046 | | 1,050 | 2,1 | 3 |
| пос. Глубокое | 5,4 | SO ₂ | 0,063 | 1,3 | 0,297 | 0,6 | 0 |
| | | NO ₂ | 0,05 | 1,3 | 0,29 | 3,4 | 21 |
| | | Фенол | 0,004 | 1,3 | 0,036 | 3,6 | 10 |
| | | Мышьяк | 0,003 | 1,0 | 0,014 | | |
| Жезказган | 6,7 | Пыль | 0,4 | 2,7 | 1,0 | 2,0 | 14 |
| | | NO ₂ | 0,03 | | 0,10 | 1,2 | 1 |
| | | Фенол | 0,007 | 2,3 | 0,021 | 2,1 | 16 |
| Караганда | 7,5 | Пыль | 0,1 | | 1,5 | 3,0 | 0,3 |
| | | CO | 1 | | 6 | 1,2 | 0,1 |
| | | NO ₂ | 0,05 | 1,3 | 0,27 | 3,2 | 13 |
| | | Фенол | 0,005 | 1,7 | 0,026 | 2,6 | 10 |
| | | Формальдегид | 0,007 | 2,3 | 0,049 | 1,4 | 1 |
| Костанай | 3,8 | CO | 2 | 0,8 | 13 | 2,6 | 0,5 |
| | | NO ₂ | 0,07 | 1,8 | 0,20 | 2,4 | 16 |
| Павлодар | 1,3 | Фенол | 0,001 | | 0,048 | 4,8 | 0,2 |
| | | HCl | 0,03 | | 0,29 | 1,5 | 0,7 |
| Петропавловск | 3,9 | CO | 2 | | 6 | 1,2 | 0,2 |
| | | NO ₂ | 0,03 | | 0,15 | 1,8 | 0,5 |
| | | Формальдегид | 0,003 | 1,0 | 0,011 | | |
| Риддер | 9,0 | SO ₂ | 0,089 | 1,8 | 0,17 | 0,3 | 0 |
| | | NO ₂ | 0,08 | 2,0 | 0,15 | 1,8 | 34 |
| | | Фенол | 0,007 | 2,4 | 0,014 | 1,4 | 5 |
| | | Формальдегид | 0,003 | 1,0 | 0,010 | | |

| Пункт | ИЗА ₅ | Примесь | Средняя | | Максимальная | | Р, % |
|------------------|------------------|-----------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|------|
| | | | концентрация | | концентрация | | |
| | | | мг/м ³ | кратно ПДК | мг/м ³ | кратно ПДК | |
| Семипалатинск | 3,0 | Пыль | 0,2 | 1,3 | 1,0 | 2,0 | 3 |
| | | NO ₂ | 0,06 | 1,5 | 0,15 | 1,8 | 14 |
| Тараз | 7,3 | NO ₂ | 0,06 | 1,5 | 0,20 | 2,4 | 15 |
| | | Формальдегид | 0,008 | 2,7 | 0,025 | 0,034 | |
| Темиртау | 8,5 | Пыль | 0,2 | 1,3 | 0,8 | 1,6 | 2 |
| | | NO ₂ | 0,02 | | 0,11 | 1,3 | 0,7 |
| | | Фенол | 0,011 | 3,7 | 0,047 | 4,7 | 36 |
| | | Аммиак | 0,04 | 1,0 | 0,13 | 0,7 | |
| Уральск | 0,6 | NO ₂ | 0,02 | | 0,08 | | |
| Усть-Каменогорск | 10,7 | Пыль | 0,3 | 2,0 | 2,4 | 4,8 | 15 |
| | | SO ₂ | 0,074 | 1,5 | 0,612 | 1,2 | 0,1 |
| | | CO | 2 | | 11 | 2,2 | 4 |
| | | NO ₂ | 0,09 | 2,3 | 0,43 | 5,1 | 39 |
| | | Фенол | 0,007 | 2,3 | 0,047 | 4,7 | 22 |
| | | Хлор | 0,03 | | 0,12 | 1,2 | 0,2 |
| | | Формальдегид | 0,004 | 1,3 | 0,020 | | |
| | | Мышьяк | 0,004 | 1,3 | 0,014 | | |
| Шымкент | 10,3 | Пыль | 0,3 | 2,0 | 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| | | CO | 3 | 1,0 | 11 | 2,2 | 9 |
| | | NO ₂ | 0,05 | 1,3 | 0,21 | 2,5 | 12 |
| | | Аммиак | 0,03 | | 0,38 | 1,9 | 0,2 |
| | | Формальдегид | 0,011 | 3,7 | 0,045 | 1,3 | 0,5 |
| Экибастуз | 2,0 | CO | 1 | | 7 | 1,4 | 0,9 |
| | | NO ₂ | 0,03 | | 0,11 | 1,3 | 2,0 |

Примечание: Р – повторяемость концентраций примесей выше ПДК.

Наибольший уровень загрязнения атмосферного воздуха отмечен в Алматы (ИЗА 13,1) – городе с неблагоприятными для рассеивания примесей климатическими условиями.

Наибольшая запыленность воздуха - 2,7 ПДК, отмечена в г. Жезказгане. Средние концентрации пыли в г. Актау, г. Астане, г. Усть-Каменогорске и г. Шымкенте составили 2 ПДК, в г. Алматы, г. Семипалатинске и г. Темиртау – более 1 ПДК. В г. Астане и г. Усть-Каменогорске наблюдалась максимальная из разовых концентраций пыли более 4 ПДК, в г. Караганде – 3 ПДК, в городах Актау, Алматы, Астана, Жезказган, Семипалатинск, Темиртау и Шымкент - 1-2 ПДК.

Средние за квартал концентрации диоксида серы в г. Риддере, г. Усть-Каменогорске и пос. Глубокое превышали 1 ПДК. В г. Балхаше отмечена максимальная из разовых концентраций диоксида серы более 2 ПДК, в г. Усть-Каменогорске - более 1 ПДК

Средний уровень загрязнения воздуха оксидом углерода в г. Алматы достигал 1,7 ПДК, в г. Шымкенте - 1 ПДК. В г. Алматы зарегистрирована максимальная из разовых концентраций оксида углерода около 7 ПДК, в г. Костанай, г. Усть-Каменогорске и г. Шымкенте - выше 2 ПДК, в г. Караганде, г. Петропавловске и г. Экибастузе - выше 1 ПДК.

Средняя за квартал концентрация диоксида азота в г. Алматы составила 2,5 ПДК, Усть-Каменогорске - 2,3 ПДК, в городах Актау, Актобе, Астана, Караганда, Костанай, Риддер, Семипалатинск, Тараз, Шымкент и пос. Глубокое - 1-2 ПДК. Максимальная из разовых концентраций диоксида азота в г. Алматы равнялась 8 ПДК, в Усть-Каменогорске - превышала 5 ПДК, в Караганде и пос. Глубокое - 3 ПДК, в Астане, Костанай, Таразе и Шымкенте - 2 ПДК, в городах Актау, Актобе, Жезказган, Петропавловск, Риддер, Семипалатинск, Темиртау и Экибастуз - 1 ПДК

Повышенное содержание формальдегида, около 4 ПДК, наблюдалось в Актобе, Алматы, и Шымкенте. Средние концентрации формальдегида в Караганде и Таразе составили - 3 ПДК, в Петропавловске, Риддере и Усть-Каменогорске - 1 ПДК. В Алматы, Караганде и Шымкенте отмечена максимальная из разовых концентраций формальдегида более 1 ПДК.

Средние концентрации фенола в Темиртау составили 3,7 ПДК, в Жезказгане, Риддере и Усть-Каменогорске - выше 2 ПДК, в Алматы, Караганде и пос. Глубокое - выше 1 ПДК. В Павлодаре, Темиртау и Усть-Каменогорске зарегистрированы максимальные из разовых концентраций фенола около 5 ПДК, в пос. Глубокое - более 3 ПДК, в Жезказгане и Караганде - более 2 ПДК, в Алматы и Риддере - более 1 ПДК.

В г. Астане максимальная из разовых концентраций фтористого водорода превышала 3 ПДК, в Шымкенте - аммиака - 2 ПДК в Павлодаре - хлористого водорода 1 ПДК.

Средние концентрации аммиака в Темиртау, неорганических соединений мышьяка в Усть-Каменогорске и пос. Глубокое составили 1 ПДК.

По сравнению с 1 кварталом 2002 г. в городах Актау, Атырау, Балхаш, Костанай, Павлодар, Петропавловск, Семипалатинск, Уральск и Экибастуз состояние загрязнения атмосферного воздуха существенно не из-

менилось. В г. Алматы, г. Риддере, г. Таразе, г. Темиртау, г. Усть-Каменогорске и пос. Глубокое отмечено снижение уровня загрязнения воздуха, в городах Актобе, Астана, Жезказган, Караганда и Шымкент - увеличение (табл. 1.2, рис. 1.1).

В сравнении с I кварталом 2001 в городах Актау, Актобе, Атырау, Балхаш, Жезказган, Семипалатинск, Уральск и Экибастуз уровень загрязнения атмосферного воздуха значительно не изменился, в г. Алматы г. Астане, г. Караганде, г. Костанай, г. Таразе, г. Темиртау - возрос, в г. Павлодаре, г. Петропавловске, г. Риддере, г. Усть-Каменогорске, г. Шымкенте и пос. Глубокое - снизился (табл. 1.2, рис. 1.1).

Таблица 1.2

Приоритетный список городов Казахстана по уровню загрязнения атмосферного воздуха (I квартал)

| Город | ИЗА ₅ | | | Отрасли промышленности, оказывающие влияние на загрязнение воздуха |
|--------------------------|------------------|---------|---------|--|
| | 2000 г. | 2001 г. | 2002 г. | |
| Актау | 3,7 | 4,6 | 4,2 | химическая |
| Актобе | 9,1 | 8,1 | 9,6 | черная металлургия, химическая |
| Алматы | 11,5 | 14,2 | 13,1 | энергетика, автотранспорт |
| Астана | 1,2 | 1,4 | 4,1 | энергетика, автотранспорт |
| Атырау | 1,3 | 1,3 | 1,4 | нефтеперерабатывающая |
| Балхаш | 1,3 | 1,9 | 1,8 | цветная металлургия, энергетика |
| Жезказган | 6,6 | 6,0 | 6,7 | цветная металлургия, энергетика |
| Караганда | 3,6 | 4,0 | 7,5 | энергетика, угледобывающая, автотр. |
| Костанай | 3,0 | 4,1 | 3,8 | энергетика |
| Павлодар | 2,0 | 1,5 | 1,3 | нефтеперерабатывающая, энергетика |
| Петропавловск | 5,8 | 3,6 | 3,9 | энергетика, приборостроение |
| пос. Глубокое | 8,6 | 12,6 | 5,4 | цветная металлургия |
| Риддер | 10,6 | 13,6 | 9,0 | цветная металлургия, энергетика |
| Семипалатинск | 3,0 | 2,5 | 3,0 | энергетика, строительных материалов |
| Тараз | 6,2 | 9,3 | 7,3 | химическая |
| Темиртау | 4,9 | 10,1 | 8,5 | черная металлургия, химическая |
| Уральск | 0,7 | 1,1 | 0,6 | энергетика |
| Усть-Каменогорск | 12,8 | 15,9 | 10,7 | цветная металлургия, энергетика |
| Шымкент | 12,4 | 8,3 | 10,3 | цветная металлургия, химическая, нефтеперерабатывающая |
| Экибастуз | 1,6 | 1,9 | 2,0 | энергетика, угледобывающая |
| Средний ИЗА ₅ | 5,5 | 6,3 | 5,7 | |

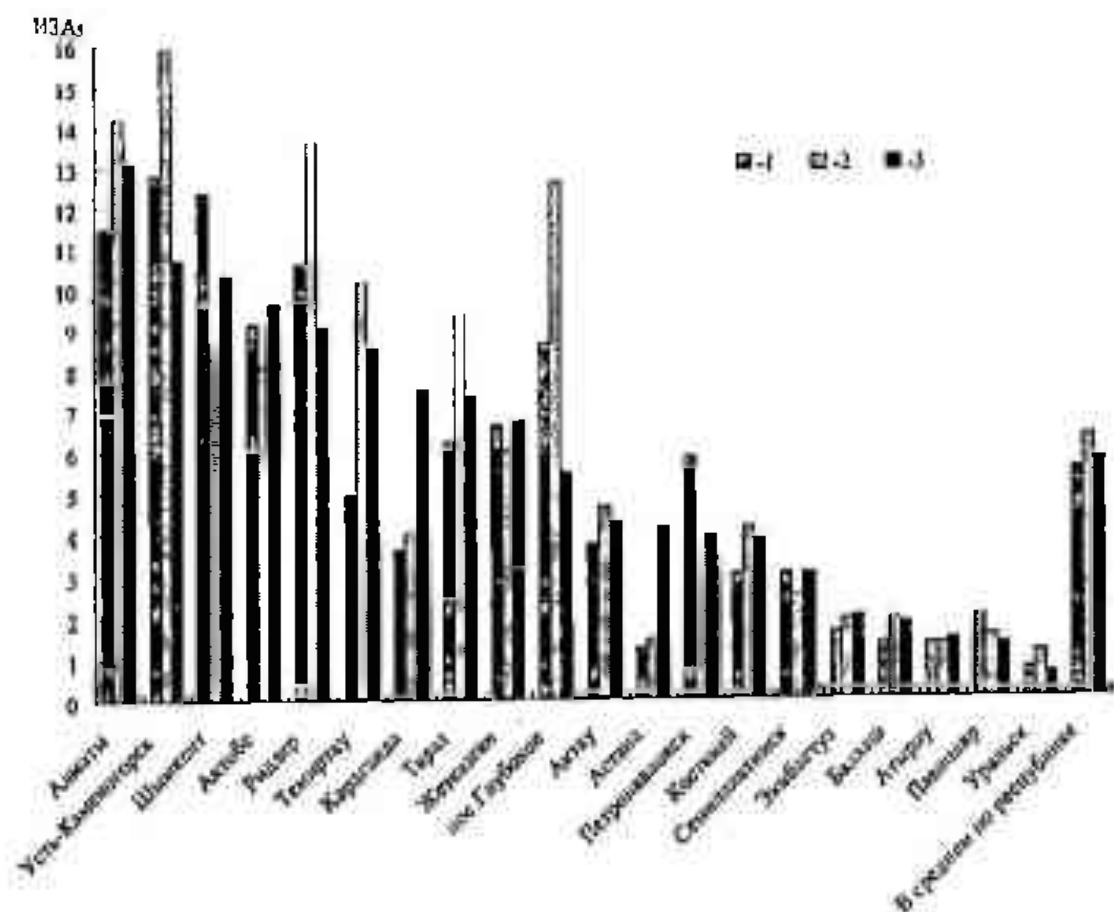


Рис. 1.1. Динамика индекса загрязнения атмосферы (ИЗА₃) в 1 квартале.
1 – 2001 г., 2 – 2002 г., 3 – 2003 г.

2. КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Сеть наблюдений за качеством поверхностных вод суши включает действующие гидропосты национальной гидрометеорологической службы. Основными критериями качества вод по гидрохимическим показателям являются значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для водоемов рыбо-хозяйственного, хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования [4, 5].

Уровень загрязнения поверхностных вод суши оценивается по величине комплексного индекса загрязненности воды (ИЗВ), который используется для сравнения и выявления динамики изменения качества вод [6].

По результатам наблюдений, выполненных подразделениями Казгидромета в 1 квартале 2003 года, наиболее загрязненным является бассейн реки Иртыш (Табл. 2.1)..

Состояние качества поверхностных вод Казахстана по гидрохимическим показателям в I квартале 2003 года Таблица 2.3

| Река (область) | ИЗВ | | Вещества | Средняя концентрация, мг/дм ³ | Кратность превышения ПДК | Характеристика качества воды |
|-----------------------------------|------------|------------|----------------|--|--------------------------|------------------------------|
| | 4 кв. 2002 | 1 кв. 2003 | | | | |
| Иртыш (Восточно-Казахстанская) | 1,19 | 1,61 | Медь | 0,0024 | 2,4 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Нефтепродукты | 0,06 | 1,2 | |
| | | | Цинк | 0,019 | 1,9 | |
| Иртыш (Павлодарская) | 1,10 | 1,36 | Медь | 0,0024 | 2,4 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Нефтепродукты | 0,085 | 1,7 | |
| Бухтарма (Восточно-Казахстанская) | 1,20 | 1,66 | Медь | 0,0026 | 2,6 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Цинк | 0,029 | 2,9 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,08 | 1,6 | |
| | | | Марганец | 0,017 | 1,7 | |
| Брекса (Восточно-Казахстанская) | 3,98 | 12,51 | Медь | 0,025 | 25,7 | 7 класс, чрезвычайно грязная |
| | | | Цинк | 0,355 | 35,5 | |
| | | | Азот нитритный | 0,062 | 3,1 | |
| Тихая (Восточно-Казахстанская) | 5,69 | 7,97 | Медь | 1,13 | 2,9 | 6 класс, очень грязная |
| | | | Азот нитритный | 0,15 | 7,6 | |
| | | | Цинк | 0,175 | 17,5 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,11 | 2,2 | |
| | | | Марганец | 0,078 | 7,8 | |
| Ульба (Восточно-Казахстанская) | 3,79 | 5,17 | Азот нитритный | 0,199 | 2,7 | 5 класс, грязная |
| | | | Медь | 0,0036 | 3,7 | |
| | | | Цинк | 0,187 | 18,7 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,09 | 1,8 | |
| | | | Марганец | 0,044 | 4,4 | |

| Река (область) | ИЗВ | | Вещества | Средняя концентрация, мг/дм ³ | Кратность превышения ПДК | Характеристика качества воды |
|-------------------------------------|---------------|---------------|-----------------|--|--------------------------------|---------------------------------|
| | 4 кв. 2002 | 1 кв. 2003 | | | | |
| Глубочанка (Восточно-Казахстанская) | 3,75 | 6,47 | Азот аммонийный | 0,73 | 1,8 | 6 класс, очень грязная |
| | | | Азот нитритный | 0,119 | 5,9 | |
| | | | Медь | 0,0058 | 5,8 | |
| | | | Цинк | 0,175 | 17,5 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,118 | 2,4 | |
| | | | Марганец | 0,077 | 7,7 | |
| Красноярка (Восточно-Казахстанская) | 7,11 | 9,54 | Азот нитритный | 0,058 | 2,9 | 6 кл., очень грязная |
| | | | Медь | 0,0031 | 3,1 | |
| | | | Цинк | 0,401 | 40,1 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,11 | 2,2 | |
| | | | Марганец | 0,086 | 8,6 | |
| Уба (Восточно-Казахстанская) | 1,28 | 1,34 | Медь | 0,003 | 3,0 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Цинк | 0,019 | 1,9 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,08 | 1,6 | |
| Урал (Западно-Казахстанская) | 0,64 | 0,74 | Фенолы | 0,002 | 2,0 | 2 кл., чистая |
| Чаган (Западно-Казахстанская) | 0,74 | 0,86 | Фенолы | 0,002 | 2,0 | 2 кл., чистая |
| Деркул (Западно-Казахстанская) | 0,98 | 1,54 | Азот аммонийный | 0,86 | 2,2 | 2 кл., чистая |
| | | | Азот нитритный | 0,146 | 1,8 | |
| | | | Фенолы | 0,0023 | 2,3 | |
| Илек (Актюбинская) | 7,18 | 7,48 | Бор | 0,62 | 36,6 | 6 кл., очень грязная |
| | | | Хром (6+) | 0,443 | 16,5 | |
| Тобол (Костанайская) | 0,45 | 0,51 | ХПК | 37,5 | 1,3 | 2 кл., чистая |

Продолжение табл.

| Река (область) | ИЗВ | | Вещества | Средняя концентрация, мг/дм ³ | Кратность превышения ПДК | Характеристика качества воды |
|--|------------|------------|------------------|--|--------------------------|--------------------------------|
| | 4 кв. 2002 | 1 кв. 2003 | | | | |
| Ишим (Северо-Казахстанская) | 0,77 | 0,93 | Железо общее | 0,21 | 2,1 | 2 кл., чистая |
| | | | Сульфаты | 120 | 1,2 | |
| вдхр. Сергеевское (Северо-Казахстанская) | 0,63 | 0,68 | Железо общее | 0,13 | 1,3 | 2 кл., чистая |
| | | | Сульфаты | 185 | 1,9 | |
| Ишим (Акмолинская) | 0,69 | 1,01 | Нефтепродукты | 0,11 | 2,2 | 3 класс, умеренно загрязненная |
| | | | Сульфаты | 119 | 1,2 | |
| вдхр. Вячеславское (Акмолинская) | 0,50 | 0,78 | Нефтепродукты | 0,09 | 1,8 | 2 кл., чистая |
| | | | Сульфаты | 114 | 1,1 | |
| Ак-Булак (г. Астана) | 0,53 | 0,65 | Нефтепродукты | 0,07 | 1,4 | 2 кл., чистая |
| | | | Сульфаты | 4,49 | 2,2 | |
| Сары-Булак (г. Астана) | 1,33 | 1,99 | БПК ₅ | 4,49 | 2,2 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Сульфаты | 245 | 2,5 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,06 | 1,2 | |
| Жабай (Акмолинская) | 1,28 | 1,64 | Сульфаты | 249 | 2,5 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Нефтепродукты | 0,22 | 4,4 | |
| | | | Азот нитритный | 0,084 | 4,2 | |
| Нура (Акмолинская) | 1,56 | 2,50 | Сульфаты | 645 | 6,5 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Нефтепродукты | 0,14 | 2,9 | |
| | | | Сульфаты | 464 | 4,6 | |
| Копя (Акмолинская) | 1,85 | | Нефтепродукты | 0,22 | 4,4 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Сульфаты | 0,49 | | |
| Боровое (Акмолинская) | 0,49 | | Нефтепродукты | 0,08 | 1,6 | 2 кл., чистая |
| Щучье (Акмолинская) | 0,52 | | Нефтепродукты | 0,08 | 1,6 | 2 кл., чистая |

| Река (область) | ИЗВ | | Вещества | Средняя концентрация, мг/дм ³ | Кратность превышения ПДК | Характеристика качества воды |
|--------------------------------------|---------------|---------------|------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|
| | 4 кв. 2002 | 1 кв. 2003 | | | | |
| Нура (Карагандинская) | 2,36 | | БПК ₅ | 3,34 | 1,7 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Медь | 0,006 | 6,0 | |
| | | | Сульфаты | 478 | 4,8 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,11 | 2,2 | |
| вдхр. Самаркандское (Карагандинская) | 2,76 2,50 | | Медь | 0,0036 | 3,6 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Сульфаты | 420 | 4,2 | |
| | | | Фенолы | 0,003 | 3,0 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,14 | 2,8 | |
| Кара-Кенгир (Карагандинская) | 5,14 4,92 | | Азот аммонийный | 2,49 | 6,4 | 5 кл., грязная |
| | | | Медь | 0,011 | 11,0 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,28 | 5,6 | |
| вдхр. Кенгирское (Карагандинская) | 8,60 3,59 | | Азот аммонийный | 0,97 | 2,5 | 4 кл., загрязненная |
| | | | Медь | 0,0049 | 4,9 | |
| | | | Сульфаты | 321 | 3,2 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,46 | 9,2 | |
| Или (Алматинская) | 1,95 | 2,03 | Медь | 0,006 | 6,0 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| Шарын (Алматинская) | 1,51 1,29 | | Цинк | 0,022 | 2,0 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | БПК | 6,27 | 3,1 | |
| Шилик (Алматинская) | 1,22 | 0,95 | Фенолы | 0,003 | 3,0 | 2 кл., чистая |
| Тургень (Алматинская) | 0,98 1,84 | | Медь | 0,005 | 5,0 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Цинк | 0,022 | 2,2 | |

Окончание табл.

| Река (область) | ИЗВ | | Вещества | Средняя концентрация, мг/дм ³ | Кратность превышения ПДК | Характеристика качества воды |
|----------------------------------|---------------|---------------|------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|
| | 4 кв. 2002 | 1 кв. 2003 | | | | |
| Текес (Алматинская) | - | 2,90 | Медь | 0,011 | 11,0 | 4 класс, загрязненная |
| | | | Цинк | 0,027 | 2,7 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,10 | 2,0 | |
| Хоргос (Алматинская) | - | 4,68 | Медь | 0,020 | 20,0 | 5 класс, грязная |
| | | | Цинк | 0,028 | 2,8 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,159 | 3,2 | |
| вдхр. Капшагайское (Алматинская) | 1,33 | 3,09 | Медь | 0,012 | 12,0 | 4 кл., загрязненная |
| | | | Цинк | 0,030 | 3,0 | |
| Малая Алматинка (г. Алматы) | 1,94 | 1,74 | Азот нитритный | 0,086 | 4,3 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Медь | 0,002 | 2,0 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,10 | 2,0 | |
| Есентай (г. Алматы) | 1,28 | 1,33 | Азот нитритный | 0,034 | 1,7 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Медь | 0,002 | 2,0 | |
| | | | Железо | 0,15 | 1,5 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,09 | 1,8 | |
| Большая Алматинка (г. Алматы) | 1,61 | 1,98 | Медь | 0,002 | 2,0 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Железо | 0,30 | 3,0 | |
| | | | Нефтепродукты | 0,24 | 4,8 | |
| Талас (Жамбылская) | 0,50 | 0,56 | | | | 2 кл., чистая |
| Шу (Жамбылская) | 1,06 | 1,53 | БПК ₅ | 5,60 | 2,3 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Медь | 0,0062 | 6,2 | |
| | | | Фенолы | 0,002 | 2,0 | |
| Асса (Жамбылская) | 0,62 | 0,73 | Нефтепродукты | 0,08 | 1,6 | 2 кл., чистая |
| Сырдарья (Южно-Казахстанская) | 2,43 | 1,76 | Медь | 0,003 | 3,0 | 3 кл., умеренно загрязненная |
| | | | Сульфаты | 426 | 4,3 | |

Максимально загрязнены р.р. **Брекса**, **Тихая**, **Глубочанка** и **Красноярка** (ИЗВ – 6,47...12,51, 6 класс - «очень грязные» и 7 класс - «чрезвычайно грязные»), при превышении ПДК по азоту аммонийному (до 2,9 ПДК), азоту нитритному (2,9...7,6 ПДК), меди - (3,1...25,7 ПДК), цинку (17,5...40,1 ПДК), нефтепродуктам (до 2,4 ПДК) и марганцу (до 8,6 ПДК).

Река **Ульба** характеризуется как «грязная» (5 класс, ИЗВ – 5,17), при содержании азота нитритного (2,7 ПДК), меди – (3,7 ПДК), цинка – (18,7 ПДК), нефтепродуктов (1,8 ПДК) и марганца (4,4 ПДК).

Состояние загрязненности поверхностных вод в р.р. **Бухтарма** и **Уба** соответствует 3 классу качества, «умеренно загрязненные» (ИЗВ 1,66 и 1,34). Превышения ПДК отмечались по меди (до 3 ПДК), цинку (до 2,9 ПДК), нефтепродуктам (до 1,6 ПДК) и марганцу (р. Бухтарма – 1,7 ПДК).

На участке г.Усть-Каменогорск - г.Семипалатинск – г.Павлодар ИЗВ реки **Иртыш** составляет 1,61 и 1,36, что соответствует 3-му классу - «умеренно загрязненные», при содержании в воде меди до 2,7 ПДК, цинка до 1,9 ПДК (ВКО) и нефтепродуктов до 1,7 ПДК.

Реки **Урал** и **Чаган** (Западно-Казахстанская область) отнесены к 2 классу – «чистые» (ИЗВ – 0,74-0,86). Выявлено превышение ПДК по фенолам до 2 ПДК.

Река **Деркул** (Западно-Казахстанская область) по качеству воды относится к 3-му классу - «умеренно загрязненная» (ИЗВ 1,54). Превышения ПДК наблюдались по азоту аммонийному (2,2 ПДК), азоту нитритному – 1,8 ПДК и фенолам (2,3 ПДК).

Река **Илек** в Актобинской области относится к «очень грязным» (6 класс). Содержание бора составляет – 36,6 ПДК и шестивалентного хрома – 16,5 ПДК. Среднее значение ИЗВ 7,48.

Река **Тобол** (Костанайская область) по качеству воды относится к 2-му классу «чистая» (ИЗВ 0,51). Превышение ПДК отмечалось по ХПК (1,3 ПДК).

Река **Ишим** и вдхр. **Сергеевское** (Северо-Казахстанская область) характеризуются как «чистые» - 2 класс, ИЗВ 0,93 и 0,68. Содержание загрязняющих веществ превышают концентрации по железу общему (до 2,1 ПДК) и сульфатам в р. Ишим (1,2 ПДК).

Река **Ак-Булак** и вдхр. **Вячеславское**, озёра **Боровое** и **Щучье** (Акмолинская область) по качеству воды относятся к 2-му классу «чистые», (ИЗВ – 0,49...0,78). Отмечены превышения ПДК по сульфатам

(до 1,2 ПДК) и нефтепродуктам (до 1,8 ПДК). В оз. Боровое превышения ПДК не наблюдалось.

Реки **Ишим, Нура, Сары-Булак, Жабай** и оз. **Кона** (Акмолинская область) характеризуется по качеству воды как «умеренно загрязненные» (3 класс, ИЗВ –1,01-2,50) при повышенном содержании БПК₅ (р. Сары-Булак –2,2 ПДК), сульфатов (1,9-6,5 ПДК), азоту нитритному (р. Нура-4,2 ПДК) и нефтепродуктам (1,2–4,4 ПДК).

Качество воды р. **Нура** и **Кенгирского** вдхр. (Карагандинская обл.) относится к 4-му классу «загрязненные», ИЗВ – 2,86 и 3,59. В поверхностных водах этих водных источников содержание загрязняющих веществ составило по БПК₅ (р. Нура –1,7 ПДК), азоту аммонийному (вдхр. Кенгирское – 2,5 ПДК), меди (до 6 ПДК), сульфатам (до 4,8 ПДК) и нефтепродуктам (2,2...9,2 ПДК).

Река **Кара-Кенгир** (Карагандинская область) относится к 5 классу, «грязная» (ИЗВ – 4,92) при превышении ПДК по азоту аммонийному (6,4 ПДК), меди (11 ПДК) и нефтепродуктам (5,6 ПДК).

Воды **Самаркандского** вдхр. характеризуются как «умеренно загрязненные» – 3 класс, ИЗВ 2,50. Содержание загрязняющих веществ превышает концентрации по меди (3,6 ПДК), сульфатам (4,2 ПДК) фенолам (3 ПДК) и нефтепродуктам (2,8 ПДК).

Качество воды р.р. **Или** и **Шарын**, (Алматинская область) соответствует 3 классу, «умеренно загрязненные» (ИЗВ 2,03 и 1,29) при превышении ПДК в р. Или - по меди (6 ПДК) и цинку (до 2 ПДК), а в р. Шарын по БПК₅ (3,1 ПДК) и фенолам (2 ПДК).

Качество воды в р. **Шилик** (Алматинская область) относится к 2 классу «чистая», ИЗВ-0,95. Превышения ПДК наблюдались по фенолам (3 ПДК).

Река **Текес** и вдхр. **Калшагайское** (Алматинская область) характеризуются как «загрязненные», 4 класс, ИЗВ – 2,90 и 3,09. Превышения ПДК отмечались по меди (до 12 ПДК), цинку (до 3 ПДК) и нефтепродуктам (р. Текес – 2 ПДК).

Загрязненность р.р. **Тургень** и **Хоргос** (Алматинская область) определялась: в р. Тургень повышенным содержанием БПК₅ (2,4 ПДК), азота нитритного (11,1 ПДК) и меди (14 ПДК); в р. Хоргос – по меди (20 ПДК), цинку (2,8 ПДК) и нефтепродуктам 3,2 ПДК). Качество воды относится 5 классу - «грязные» (ИЗВ 4,93 и 4,68).

Качество воды рек **Малая** и **Большая Алматинки**, и **Есентай** (г. Алматы) соответствует 3 классу, «умеренно загрязненные» (ИЗВ

1,33...1,98), при содержании азота нитритного (до 4,3 ПДК), меди (до 2 ПДК), нефтепродуктов (до 4,8 ПДК) и железа (до 3 ПДК).

В соответствии с ИЗВ (0,56 и 0,73) реки **Талас** и **Асса** (Жамбылская область) определены как «чистые». Превышения ПДК по нефтепродуктам (1,6 ПДК) выявлены в р. Асса.

Индекс загрязненности воды р. **Шу** (Жамбылская область) составил 1,53 (3 класс, «умеренно загрязненная»), при содержании БПК₅ (2,3 ПДК), меди (6,2 ПДК) и фенолов (2 ПДК).

Загрязненность бассейна р. **Сырдарья** (Южно-Казахстанская область) определяется значением ИЗВ – 1,76 (3 класс, «умеренно загрязненная»), при содержании меди (3 ПДК) и сульфатов (4,3 ПДК).

По сравнению с 4 кварталом 2002 года отмечаются следующие изменения качества поверхностных вод (Рис. 2.1).

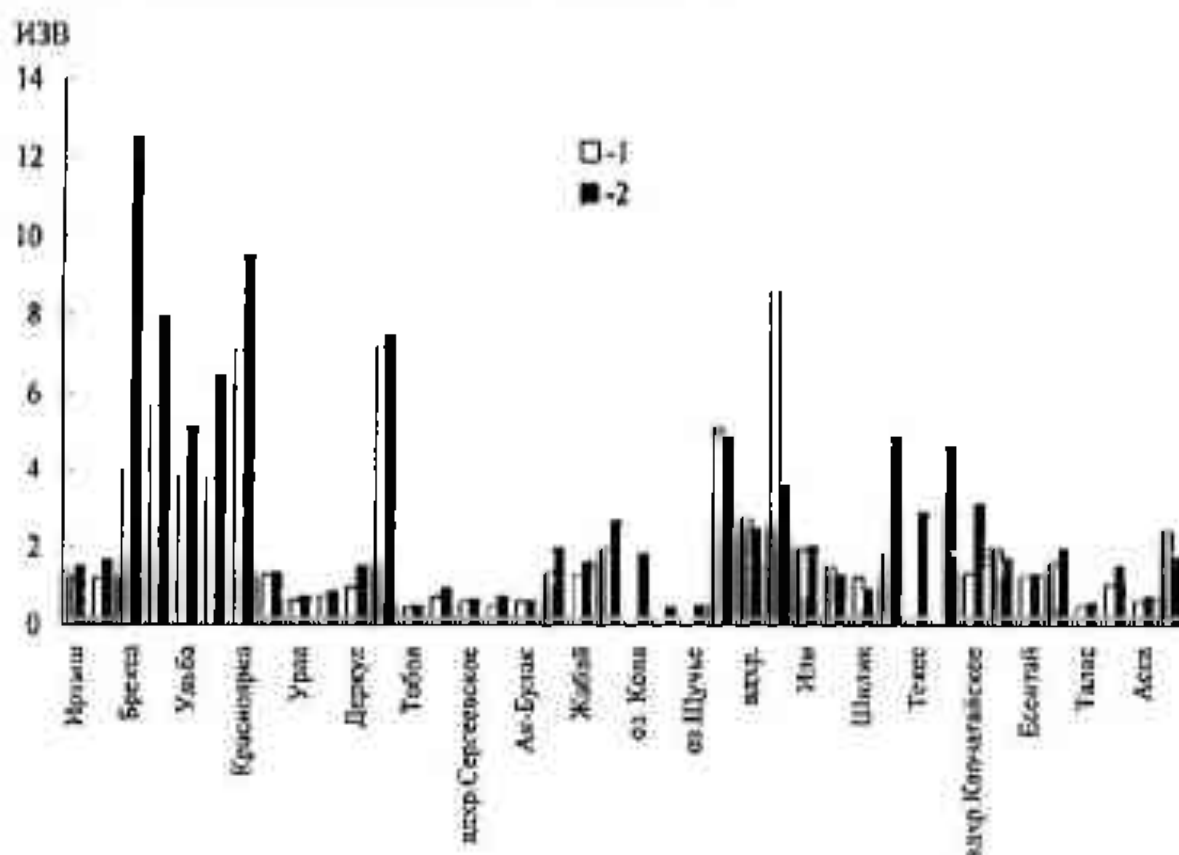


Рис. 2.1. Динамика индекса загрязнения воды. 1 – 4 кв. 2002 г., 2 – 1 кв. 2003 г.

По рекам Восточного Казахстана качество воды не изменилось в реках Иртыш, Бухтарма, Красноярка и Уба. Ухудшение наблюдалось для рек Тихая, Ульба и Глубочанка, класс качества из «загрязненных» и «грязных» перешел в «грязные» и «очень грязные». Заметное ухудшение отме-

чалось в р. Брекса – класс качества из «загрязненных» перешёл в «чрезвычайно грязные».

В Западном Казахстане качество воды не изменилось в реках Урал и Чаган, для р. Деркул отмечено снижение качества на один класс.

На территории Северного и Центрального Казахстана качество воды ухудшилось на один класс в реках Ишим (Акмолинская область) и Нура (Карагандинская область), несколько улучшилось в Самаркандском и Кенгирском вдхр. (Карагандинская область), и практически не изменилось по остальным водным объектам.

В Южном Казахстане отмечено снижение качества воды в р. Тургенъ и вдхр. Капшагайское (Алматинская область), улучшение наблюдалось в р. Шилик (Алматинская область). Для остальных наблюдаемых водных объектов качество воды осталось на прежнем уровне.

За этот же период отмечается снижение качества воды в находящихся под влиянием населенных пунктов реках: Ульба (рудн. Тишинский), Тихая и Брекса (г. Риддер), Глубочанка (с. Белоусовка), Красноярка (с. Предгорное), Илек (г. Алга), Кара-Кенгир (г. Дзезказган). По другим наблюдаемым водным объектам, находящихся под влиянием городов и промышленных центров, качество воды не изменилось или несколько улучшилось (Табл. 2.2).

Таблица 2.2
Влияние населенных пунктов на уровень загрязненности поверхностных вод в I квартале 2003 года

| Наименование пункта контроля | ИЗВ | | Характеристика качества воды |
|-------------------------------|---------------|---------------|------------------------------|
| | 4 кв. 2002 г. | 1 кв. 2003 г. | |
| р. Иртыш, г. Усть-Каменогорск | 1,42 | 1,62 | 3 класс, ум. загрязн. |
| р. Иртыш, г. Семипалатинск | 0,85 | 1,16 | 3 класс, ум. загрязн. |
| р. Иртыш, г. Павлодар | 1,05 | 1,35 | 3 класс, ум. загрязн. |
| р. Бухтарма, г. Зыряновск | 1,20 | 1,66 | 3 класс, ум. загрязн. |
| р. Ульба, рудн. Тишинский | 5,40 | 7,28 | 6 класс, очень грязная |
| р. Ульба, г. Усть-Каменогорск | 2,71 | 2,86 | 4 класс, загрязненная |
| р. Тихая, г. Риддер | 5,69 | 7,97 | 6 класс, очень грязная |
| р. Брекса, г. Риддер | 3,98 | 12,51 | 7 класс, чрезв. грязная |
| р. Глубочанка, с. Белоусовка | 3,52 | 9,03 | 6 класс, очень грязная |
| р. Глубочанка, с. Глубокое | 4,21 | 6,42 | 6 класс, очень грязная |
| р. Красноярка, с. Предгорное | 7,11 | 9,54 | 6 класс, очень грязная |
| р. Уба, г. Шемонаиха | 1,28 | 1,34 | 3 класс, ум. загрязн. |
| р. Урал, г. Уральск | 0,64 | 0,74 | 2 класс, чистая |
| р. Чаган, г. Уральск | 0,74 | 0,86 | 2 класс, чистая |

| Наименование пункта контроля | ИЗВ | | Характеристика качества воды |
|------------------------------|---------------|---------------|------------------------------|
| | 4 кв. 2002 г. | 1 кв. 2003 г. | |
| р. Деркул, п. Селекционный | 0,89 | 1,54 | 3 класс, ум. загрязн. |
| р. Илек, г. Алга | 9,71 | 10,76 | 7 класс, чрезв. грязная |
| р. Илек, г. Актюбинск | 4,72 | 4,54 | 5 класс, грязная |
| р. Ишим, г. Петропавловск | 0,65 | 0,85 | 2 класс, чистая |
| р. Ишим, с. Долматово | 1,13 | 1,28 | 3 класс, ум. загрязн. |
| р. Ишим, г. Астана | | | |
| в черте города | 0,74 | 1,04 | 3 класс, ум. загрязн. |
| 8 км ниже города | 0,68 | 0,96 | 2 класс, чистая |
| р. Ак-Булак, г. Астана | 0,53 | 0,65 | 2 класс, чистая |
| р. Сары-Булак, г. Астана | 1,33 | 2,00 | 3 класс, ум. загрязн. |
| р. Жабай, г. Атбасар | 0,97 | 1,64 | 3 класс, ум. загрязн. |
| р. Нура, г. Темиртау | 2,84 | 2,70 | 4 класс, загрязненная |
| р. Кара-Кенгир, г. Жезказган | 5,80 | 6,28 | 6 класс, очень грязная |
| р. Талас, г. Тараз | 0,55 | 0,62 | 2 класс, чистая |
| р. Тобол, г. Костанай | 0,45 | 0,51 | 2 класс, чистая |
| р. Мал.Алматинка, г. Алматы | 1,94 | 1,74 | 3 класс, ум. загрязн. |
| р. Есентай, г. Алматы | 1,28 | 1,28 | 3 класс, ум. загрязн. |
| р. Бол.Алматинка, г. Алматы | 1,61 | 1,61 | 3 класс, ум. загрязн. |
| р. Бадам, г. Шымкент | 1,75 | 1,77 | 3 класс, ум. загрязн. |
| Шардаринское вдхр. | 3,17 | 1,95 | 3 класс, ум. загрязн. |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. ГН 2.1.6.695-98. РК 3.02.036.99. Минздрав России, М., 1998. С. 2-69.
2. Гигиенические нормативы. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. ГН 2.1.6.696-98. РК 3.02.037.99. Минздрав России, М., 1998. С. 70-201.
3. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. Госком по гидрометеорологии. Минздрав, М., 1991. С.383-425.
4. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. Роскомрыболовство, 1993г.
5. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Сан-

ПИН 2.1.4.559-96. РК 3.01.067.97. Госкомсанэпиднадзор России. М., 1996. 111 с.

6. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. Госком по гидрометеорологии. М., 1988. - 10 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Центр мониторинга загрязнения природной среды

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҚОРШАҒАН ОРТАСЫНЫҢ 2003 ЖЫЛДЫҢ 1-ТОҚСАНЫНДАҒЫ ЛАСТАНУ ЖАҒДАЙЫ

Геогр. ғылымд. канд. М.Ж. Бурлибаев

Геол.-мин. ғылымд. канд. Е.Ж. Муртазин

*Қоршаған ортаның ластануы туралы ақпарат
«Қазгидромет» РМҚ ұлттық гидрометеорологиялық қызметтің
бақылау орындарында қоршаған ортаның экологиялық мониторингін
жүргізу жөніндегі арнаулы бөлімшелерінің негізінде дайындалды.*

К 70- ЛЕТИЮ А.А. ТУРСУНОВА



В январе 2003 г. исполнилось 70 лет со дня рождения, 50 лет научно-педагогической и общественной деятельности видного гидравлика, казахского географа, гидролога, геозколога, члена географических обществ СССР и КазССР, доктора технических наук, профессора, академика Международной Академии Экологии и Природопользования (, академика Международной Академии Информатизации Абая Абдурахмановича Турсунова.

А.А. Турсунов родился в 1933 году, в г. Сталинабаде (Душанбе) в семье казаха Абдурахмана Турсунулы и его жены Жайсан ЖунусКызы. В 1951 году он закончил школу с серебряной медалью. В том же году талантливого юношу направляют на учебу в Московский институт инженеров водного хозяйства. В стенах этого ведущего ВУЗа он учился с достоинством, оправдывая доверие людей, отправивших его на учёбу. Активно занимался общественными делами факультета, института, являлся секретарём комитета комсомола института, сталинским стипендиатом. В 1956 г. он с отличием окончил институт по специальности инженер-гидротехник, и едет работать на Красноярскую ГЭС, строительство которой начиналось на Енисее. Здесь он работает помощником мастера, мастером, прорабом, начальником участка строительства до августа 1958 года.

В 1958 году Абай Абдурахманович поступает в аспирантуру Ленинградского Политехнического института им. М.И. Калинина и в 1962 году защищает кандидатскую диссертацию по специальности «Гидравлика и инженерная гидрология».

В 1970 г. А.А. Турсунов защищает во Всесоюзном Научно-исследовательском институте Гидротехники им. Веденеева докторскую диссертацию: «Теоретические основы расчёта береговых безнапорных водосбросов больших плотин».

А.А. Турсунов за время работы в Ленинградском Политехническом институте им. М.И. Калинина (1958...1978) прошёл путь от рядового аспиранта до ведущего профессора ВУЗа.

В 1978 г. он избирается профессором и заведующим кафедрой гидрологии суши КазНУ им. аль-Фараби. Здесь он активно включился в подготовку кадров для Казахстана. В 1981 году его избирают деканом географического факультета. А в мае 1985 года его приглашают в Академию Наук Казахстана директором Института Географии.

50-летний трудовой путь профессора А.А. Турсунова нельзя разделить на научно-исследовательский и педагогический. Значительны его заслуги в подготовке научных кадров. Под его руководством защищены диссертации 17 кандидатами и 6 докторами наук. Ученики А.А. Турсунова заведуют кафедрами Ханойского технического (Вьетнам) и Каирского университетов (Египет), Ташкентского института мелиорации сельского хозяйства, Казахского Национального университета им. Аль-Фараби и др.

Научные исследования А.А. Турсунова можно разделить на 3 основных направления.

Первое направление. Ещё в аспирантуре он создал очень эффективную теорию расчёта виражей и рассеивающих трамплинов, устраиваемых в пределах береговых водосбрасывающих сооружений высоких плотин с целью управления геометрическими формами бурных высокоскоростных потоков воды. Роль этой теории огромна при выборе формы быстротокков. Водосбросные сооружения особо крупных ГЭС таких, как Вилюйская, Хантайская, Чиркейская, Миатлинская, Ирганайская – были сооружены по методу А.А. Турсунова. Этому направлению посвящены 2 учебных пособия и глава известного учебника «Гидравлика».

Второе направление. «Теория неустановившегося волнового движения воды в открытых руслах, в т. ч. движения стоячей (остановившаяся) волны в виде волны-прыжка, уединённая волна (солитон) и теории кнои-

дальних волн». Опираясь на труды акад. М.И. Лаврентьева, Н.Н. Моисеева, К.О. Фридрикса и других известных ученых А.А. Турсунов, нашел новое, особое решение этой проблемы, благодаря чему была разработана методика борьбы с вертикальными волнами.

Третье направление – геоэкология. За короткое время А.А. Турсунов сумел организовать большой коллектив учёных вокруг Или-Балхашской проблемы. В исследованиях участвовало более 30 научных организаций республиканской Академии Наук и г. Москвы, С.-Петербурга, Новосибирска.

Особо необходимо отметить заслугу Абая Абдурахмановича в решении Аральской катастрофы. Концепция спасения Аральского моря, разработанная под его руководством, была отмечена как самый удачный научный проект. Как вице-президент по науке общественного комитета «Арал-Азия-Казахстан» А.А. Турсунов является идеологом и одним из авторов доклада Президента этого комитета, поэта М. Шаханова на международных форумах (гг. Токио, Лондон, Нью-Йорк, Рио-де-Жанейро), что помогло привлечь внимание и инвестиции в дело спасения Аральского моря и ликвидации последствий экономических кризисов в других регионах Казахстана.

Абай Абдурахманович написал и опубликовал более 120 научных работ. Наибольший теоретический и практический интерес представляют: «Введение в гидроэкологию Центральной Азии» (КНР, Урумчи, 1996), «Экологические проблемы бессточных бассейнов Центральной Азии» (Кызылорда, 1997), «Гидроэкология: мировоззренческие основы; концепция природных вод; методы оздоровления экологически деградированных земель Приаралья» (Алматы, 1997).

В настоящее время профессор А.А. Турсунов читает лекции по экологическим проблемам гидрологии и водного хозяйства в КазНУ им. Аль-Фараби. Он полон творческих сил и энергии, у него много планов и новых идей.

Мы желаем ему крепкого здоровья, воплощения идей, новых радостей творчества и научного долголетия.

Коллектив КазНИИМОСК,
Редколлегия журнала
КазНУ им. Аль-Фараби

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Редакционная коллегия журнала "ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ" (регистрационное свидетельство N 1538) приглашает Вас к сотрудничеству. Журнал выходит 4 раза в год. Мы рады сообщить Вам, что по решению ВАК РК статьи, опубликованные в нашем журнале, принимаются при защите докторских и кандидатских диссертаций. Статьи должны соответствовать гидрометеорологическому и экологическому профилю.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСИ, СДАВАЕМОЙ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА "ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ"

В комплект рукописи, присылаемой автором, должны входить: основной текст статьи, не превышающий 12,5 страниц текста, включая таблицы, рисунки и список литературы (формат указан ниже), аннотация на русском и казахском языках, не более 10 строк, дающая ясное представление о содержании статьи; на английском языке дается название статьи, Ф.И.О. авторов; список литературы в алфавитном порядке авторов на русском далее на иностранном языке (составляется согласно ГОСТу 7.1-84). Число рисунков не более трех на одну статью. Перед заголовком статьи следует указать расширенный индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК). Помимо машинописного варианта статьи обязательно предоставляется ее дубликат, записанный на дискете.

Оформление рукописи:

Весь текст рукописи, включая таблицы, отпечатывается на ПК на одной стороне стандартного листа плотной бумаги белого цвета, интервал - 1,2. Параметры поля страницы: верхнее 20 мм, нижнее 75 мм, левое 75 мм, правое 10 мм. Красная строка 12,5 мм, режим набора Microsoft Word, шрифт Times New Roman (стиль нормальный), размер шрифта 11. Заголовок статьи из прописных букв, шрифт полужирный.

Реферат помещается перед основным текстом статьи, после заголовка и списка авторов (представленного в столбик с указанием ученой степени), набирается курсивом, отступы по 5 мм слева и справа.

См. примеры

УДК 551.461.25 (465.75)

**О ВЛИЯНИИ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА
НА УРОВЕНЬ КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

Канд. геогр. наук В.В. Голубиов
Канд. техн. наук В.И. Ли
Канд. геогр. наук В.П. Попова

Рисунки готовятся с соблюдением ГОСТа в режиме Paint (Rainbrush), графики, диаграммы, гистограммы - в режиме Microsoft Excel, и вставляются в текст. Подпись рисунка помещается под ним и набирается курсивом (см. пример). Целые цифры от дробной части числа отделяются не точкой, а запятой. Расшифровка обозначений в строку после подписи. На поле рисунка надписи не допускаются, кроме индексов или цифр обозначений. Размер цифр и букв на рисунке такой же, как и в тексте, индексов - не меньше 1,5 мм.

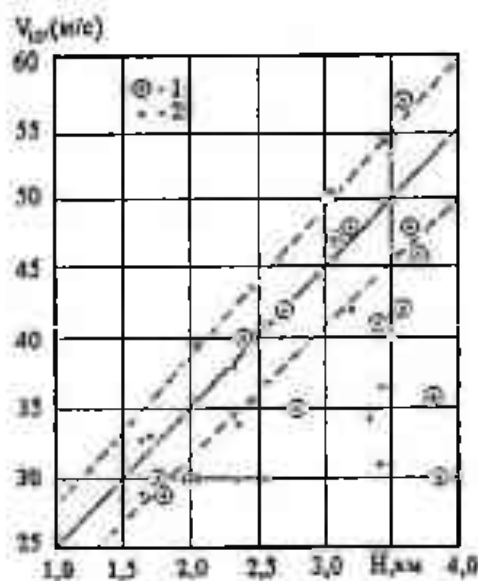


Рис.2. График высотной зависимости максимальных скоростей ветра, вероятных 1 раз в 10 лет для передовых хребтов Тянь-Шаня с высотами гребневой линии 3-4 км:

1 – основной экспедиционный пункт, радиорелейная станция, автоматическая радиометеорологическая станция; 2 – пункты микросъемки

Таблицы оформляются без дополнительной разграфки поля таблицы, разграфляется только "шапка" и внешний контур таблицы. Номер таблицы и смысловое название - над таблицей, примечание - под ней (с соблюдением ГОСТа) (см. пример).

Матрица коэффициентов парной корреляции

| | x | $I_{ст}$ | λ | φ | ΔH |
|------------|-----|----------|-----------|-----------|------------|
| x | 1 | -0,62 | 0,50 | -0,48 | -0,48 |
| $I_{ст}$ | | 1 | -0,27 | 0,24 | 0,32 |
| ΔH | | | | | 1 |

Примечание. Все показатели нормированы.

Единицы физических величин приводятся в Международной системе СИ (ГОСТ 8.417-81), либо дается перевод приведенных единиц в систему СИ.

Названия организаций, учреждений, географические названия и т.п. даются в последней редакции. К историческим названиям в скобках приводятся современные.

Математические, химические обозначения и формулы набирать в режиме Microsoft Equation. В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные ГОСТом. Номера формул указываются у правого края страницы в круглых скобках. Ссылки в тексте на порядковый номер формулы также дают в круглых скобках. Рекомендуется перевод формул на однострочный набор, если это не затруднит их восприятие читателем (см. пример).

$$\Delta z = W / \omega(z) + W_z / \omega(z) + P - W_{\text{ср}} / \omega(z) - E. \quad (1)$$

В тексте обязательно приводится расшифровка всех параметров и аббревиатур. Все сокращения выполняются в соответствии с ГОСТом и словарем сокращений.

РУКОПИСИ, ОФОРМЛЕННЫЕ НЕ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К ПУБЛИКАЦИИ НЕ ПРИНИМАЮТСЯ И АВТОРАМ НЕ ВОЗВРАЩАЮТСЯ!!!

На отдельном листе в редакцию высылаются сведения об авторе (авторах) с указанием фамилии, имени, отчества (полностью), домашнего и служебного адресов и телефонов, точного названия учреждения, в котором была выполнена работа, ученой степени и ученого звания автора.

Редакция сохраняет за собой право отклонять рукописи и делать необходимые редакционные исправления, дополнения и сокращения в принятых рукописях. Статья может быть возвращена автору на доработку. В отдельных случаях по просьбе редакции предоставляются рецензии на статью.

