

*Қазақстан Республикасының  
қоршаған ортаны қорғау  
Министрлігі*

*Министерство охраны  
окружающей среды Республики  
Казахстан*

Республикалық мемлекеттік "Қаз-  
гидромет" кәсіпорны

Республиканское государственное  
предприятие "Казгидромет"

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ**

әр тоқсанда шығарылатын  
ғылыми-техникалық журнал

## **№ 1**

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

АЛМАТЫ  
2006

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Т.К. Кудеков, канд. геол.-мин. наук

## ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Е.Ж. Муртазин, канд. геол.-мин. наук Н.И. Ивкина, канд. геогр. наук

### *Ответственный секретарь*

Т.П. Строева

### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Е.В. Антипова, канд. геогр. наук; М.Ж. Бурлибаев, доктор техн. наук;  
В.В. Голубцов, канд. геогр. наук; С.А. Долгих, канд. геогр. наук;  
Ж.Д. Достай, доктор геогр. наук; А.Б. Калелова, канд. геогр. наук;  
В.И. Ли, канд. техн. наук; Е.Ф. Морозова, канд. геогр. наук;  
О.В. Подольный, доктор геол.-мин. наук; В.П. Попова, канд. геогр. наук;  
О.Е. Семенов, канд. физ.-мат. наук; Б.С. Степанов, доктор геогр. наук;  
А.А. Турсунов, доктор техн. наук; С.П. Шиварева, канд. техн. наук;  
Р.К. Яфязова, канд. геогр. наук; Ортабаева А. (секретарь)

Переводы на казахский язык:

Г.Т. Сулейменова, Л.К. Кожахметова.

## ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

### № 1 (40)

©

Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство № 1538

Министерства печати РК.

Подписной индекс 75855.

---

*Адрес редакции:* 050022, Алматы,  
пр. Абая, д. 32, к. 420  
*Телефон:* (3272) 54-22-63  
*E-mail:* [caspien\\_almaty@mail.ru](mailto:caspien_almaty@mail.ru)

---

Подписано в печать

Формат бумаги 70 × 100/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.

Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

Цена договорная.

---

Отпечатано в ТОО "TST-Company".

050014, г. Алматы, ул. Бокейханова, 47-б. Тел.: (3272) 78-20-42

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

- С.А. Долгих, Е.Ю. Смирнова, А.У. Сабитаева**  
К вопросу о построении сценариев изменения климата Казахстана 7
- Алексей В. Чередниченко**  
Количественная оценка выбросов парниковых газов как основа, определяющая потенциал Казахстана для ратификации Киотского протокола. . . . . 20  
...
- А.Х. Ахмеджанов**  
Математическое моделирование региональных атмосферных процессов. . . . . 30
- Э.П. Кожаметова**  
Влияние глобального потепления климата на повторяемость атмосферных явлений в Казахстане. . . . . 42
- К.Ш. Фаизов, А.С. Топалова, Г.М. Омарова**  
Проблемы загрязнения окружающей среды Прикаспийского нефтегазового региона. . . . . 50  
...
- Е.В. Куликова, Е.В. Куликов**  
Анализ возможных последствий сокращения и перераспределения стока реки Черный Иртыш для рыбного хозяйства региона. . . . . 61
- Б.С. Степанов, Р.К. Яфязова**  
Концепция защиты от селей г. Алматы в условиях изменяющегося климата. . . . . 67
- Ж.Д. Достай, З.Қ. Мырзалиева**  
Оңтүстік Қазақстанның геологиялық және геоморфологиялық құрылысының топонимиядағы көрінісі. . . . . 80
- Н.И. Ивкина, Т.П. Строева, Л.М. Соколова**  
Режим волнения в казахстанском секторе Среднего Каспия. . . . . 88
- Б.И. Иманкулов, Дж.Ж. Кендирбаева**  
К проблеме охраны и рационального использования водных ресурсов Кыргызстана . . . . . 98

<b>А.А. Волчек, С.И. Парфомук</b>	
Районирование территории по характеру колебаний годового стока на примере Беларуси. ....	104
<b>Ж.К. Турениязова</b>	
Об антропогенном изменении стока взвешенных наносов реки Или. ....	120
<b>Ә.Е. Аяпбекова</b>	
Қазақстан геожүйелер топонимдеріндегі өзгірістер. ....	128
<b>С.М. Романова, А.А. Турсунов, Г.С. Кунанбаева, Г.В. Таранина, И.В. Романова</b>	
Гидрохимический режим проектируемого водохранилища-охладителя Южно-Казахстанской ГРЭС на озере Балхаш. ....	140
<b>Ю.М. Попов, В.Р. Кубаев, Е.А. Тажмагамбетов</b>	
О влиянии глубокого карьера рудника Шатыркуль на природные воды. ....	156
<b>М.М. Молдахметов, Л.К. Махмудова</b>	
Жезді өзені алабының қазіргі су шаруашылық теңдестігі. ....	164
<b>А.А. Турсунов, С.М. Романова</b>	
Самоочищение и самоочищающая способность природных вод аридных зон. ....	172
<b>М.Т. Чердабаев, М.Е. Баймиров</b>	
Принципы эколого-термоэкономического анализа эффективности холодильного оборудования при переходе на новые озонобезопасные хладагенты. ....	185
<b>ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ</b>	
<b>Е.Ж. Муртазин, Н.У. Бултеков</b>	
О состоянии загрязнения окружающей среды Республики Казахстан в 4-ом квартале 2005 г. ....	197
<b>ХРОНИКА</b>	
К 60-летию С.П. Шиваревой. ....	226



## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

<b>S.A. Dolgikh, E.YU. Smirnova, A.U. Sabitayeva</b> To the question in creation of the Kazakhstan climate change scenarios. . . . .	7
<b>Aleksey V. CHerednichenko</b> Quantitative estimation of the greenhouse gases' emissions as a basis determining Kazakhstan potential for ratification of the Kyoto Protocol	20
<b>A.KH. Akhmedzhanov</b> Mathematical modeling of the regional atmospheric processes. . . . .	30
<b>E.P. Kozhakhmetova</b> Influence of global warming at frequency of the atmospheric events in Kazakhstan. . . . .	42
<b>K.SH. Faizov, A.S. Topalova, G.M. Omarova</b> Problems of environmental pollution in the Pricaspian oil-and-gas region. . . . .	50
<b>E.V. Kulikova, E.V. Kulikov</b> The analysis of the possible effect of streamflow reduction and redistribution of the Black Irtysh River for region fisheries. . . . .	61
<b>B.S. Stepanov, R.K. YAfyzova</b> The conception of Almaty city mudflows' protection under the changing climate. . . . .	67
<b>ZH. D. Dostay, Z.K. Myirzaliyeva</b> Reflection geological and geomorphological structure in the Southern Kazakhstan toponymy . . . . .	80
<b>N.I. Ivkina, T.P. Stroyeva, L.M. Sokolova</b> Wave regime in the Kazakhstanian sector of the Caspian Sea. . . . .	88
<b>B.I. Imankulov, D. Kendirbayeva</b> To a problem of the Kyrgyzstan water resources. . . . .	98
<b>A.A. Volchek, S.I. Parfomuk</b> Annual runoff variation zoning by the Byelorussia example. . . . .	104

<b>ZH.K. Turenliyazova</b>	
About man-made changes of the Ily River suspended sediments' flow. ....	120
<b>A.E. Ayapbekova</b>	
Modifications of the Kazakhstan geosystems' toponyms. ....	128
<b>S.M. Romanova, A.A. Tursunov, G.S. Kunanbayeva, G.V. Taranina, I.V. Romanova</b>	
Hydrochemical regime of the Southern - Kazakhstan state district power station anticipated reservoir - cooler at the Lake Balkhash. ....	140
<b>YU.M. Popov, V.R.Kubaev, E.A.Tazhmagambetov</b>	
About influence the Shatyrkul mine deep quarry per natural water. ....	156
<b>M.M. Moldakhmetov, L.K. Makhmudova</b>	
Current water resources balance of the ZHezdi River basin. ....	164
<b>M.T. CHerdabayev, M.E. Bajmirov</b>	
Ecology-thermoeconomics analysis principles of refrigerating equipments' efficiency under conversion to the new ozone-safe coolants. ....	172
<b>REVIEWS AND CONSULTATIONS</b>	
<b>E.ZH. Murtazin, N.U. Bultekov</b>	
About state of the Republic of Kazakhstan environment pollution in the fourth quarter 2005 year. ....	197
<b>CHRONICLE</b>	
To S.P. SHivaryova's 60-anniversary. ....	226

УДК 551.583.13(574)

**К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ СЦЕНАРИЕВ ИЗМЕНЕНИЯ  
КЛИМАТА КАЗАХСТАНА**

Канд. геогр. наук

С.А. Долгих

Е.Ю. Смирнова

А.У. Сабитаева

*Дан краткий обзор результатов моделирования изменения глобального климата при различных сценариях увеличения концентрации парниковых газов в атмосфере. Приводятся некоторые результаты построения сценариев изменения климата Казахстана (изменение температуры приземного воздуха и количества атмосферных осадков) на основе выходных данных моделей глобального климата на период до середины текущего столетия.*

В середине девяностых годов прошлого столетия в процессе подготовки Первого национального сообщения Республики Казахстан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата (далее Конвенция) были впервые подготовлены сценарии изменения климата Казахстана [2, 3, 8] в условиях ожидаемого глобального потепления. На основании этих сценариев были оценены уязвимость некоторых природоёмких секторов экономики Казахстана, и предложены меры по их адаптации к предполагаемому изменению климата в регионе, обобщенные в [3]. На тот момент в нескольких мировых и национальных центрах по моделированию климата были осуществлены прогоны моделей общей циркуляции атмосферы (МОЦА) с учетом увеличения концентрации парниковых газов в атмосфере по сценарию IS92, разработанному Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК, [5]) в процессе подготовки Второго доклада об оценках изменения глобального климата. Результаты моделирования были распространены среди других стран в рамках различных международных и национальных программ в соответствии с обязательствами развитых стран по статьям 4 и 5 Конвенции. Анализ качества воспроизведения МОЦА современного климата показал, что они более чувствительны к увеличению концентрации парниковых газов в атмосфере по сравнению с реальной климатической системой, т.е. полученные

оценки ожидаемого потепления климата оказались завышенными. Кроме того, большинство экспериментов, проведенных к середине 90 годов, заключалось в моделировании нового равновесного состояния климатической системы при фиксированной концентрации  $CO_2$  (как правило, удвоенной относительно уровня в доиндустриальный период, около  $280 \text{ млн}^{-1}$ ); т.е. полученные сценарии изменения климата представляли собой довольно отдаленную перспективу, в то время как больший практический интерес представляли более близкие по времени вероятные изменения климата.

Вполне закономерно, что мировое научное сообщество в прошедшее десятилетие уделяло огромное внимание развитию моделей климата как одному из прогрессивных путей построения сценариев изменения климата. Результаты моделирования ответных реакций климатической системы только на воздействия естественные факторов (т.е. реакций на изменчивость в интенсивности солнечной радиации и в деятельности вулканов), изложенные в Третьем докладе об оценках МГЭИК [4], не объясняют наличия потепления во второй половине 20 столетия. Большая часть этих исследований позволяет сделать главный вывод о том, что в течение последних 50 лет оценочные темпы и размер потепления, вызываемого только повышением концентраций парниковых газов, сопоставимы с наблюдаемыми в реальности значениями потепления или превышают их. Более того, большинство оценок, полученных с помощью моделей, в которых учитываются воздействия, как парниковых газов, так и сульфатных аэрозолей (понижающих глобальную температуру), совпадают с данными наблюдений за этот период.

Необходимо отметить, что в период после выпуска Второго доклада об оценках МГЭИК [5] были достигнуты значительные успехи в количественном определении радиационной роли различных видов аэрозолей. Антропогенные аэрозоли недолго сохраняются в атмосфере и оказывают, в основном, отрицательное радиационное воздействие. Основными антропогенными источниками аэрозолей является сжигание ископаемых видов топлива и биомассы. Эти источники также являются одной из причин локального ухудшения качества воздуха и кислотных осадков. Прямое радиационное воздействие, согласно оценкам [4], составляет для сульфата минус  $0,4 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ , для аэрозолей от сжигания биомассы – минус  $0,2 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ , для аэрозолей, содержащих органический углерод от сжигания ископаемых видов топлива, – минус  $0,1 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ , и для аэрозолей, содержащих сажу от

сжигания ископаемых видов топлива, – плюс  $0,2 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ . Количественно определить общее прямое влияние аэрозолей и эволюцию этого влияния во времени можно лишь с гораздо меньшей степенью достоверности, чем для парниковых газов. Кроме того, содержание аэрозолей в значительной степени варьирует по регионам и быстро реагирует на изменения в количестве промышленных выбросов. Аэрозоли, в дополнение к своему прямому радиационному воздействию, оказывают также косвенное радиационное воздействие путем влияния на облачный покров. В настоящее время появляется все больше результатов исследований этого косвенного влияния, являющегося также отрицательным, хотя неопределенность в его оценке пока весьма высока.

В 2000 г. был подготовлен Специальный доклад МГЭИК о сценариях выбросов (СДСВ) парниковых газов и аэрозолей [7]. Согласно шести сценариям выбросов, представленных в СДСВ, прогнозируемая концентрация  $\text{CO}_2$  в 2100 г. будет составлять  $540\text{--}970 \text{ млн}^{-1}$  против около  $280 \text{ млн}^{-1}$  в доиндустриальную эпоху (1750 г.) и около  $368 \text{ млн}^{-1}$  в 2000 г. Сценарии различаются уровнем социально-экономических допущений (демографических, социальных, экономических и технологических), что дает различные уровни выбросов парниковых газов и аэрозолей в будущем. Дальнейшие факторы неопределенности, прежде всего касающиеся устойчивости нынешних процессов абсорбции (поглощения углерода) и масштабов воздействия климата на земную биосферу, обуславливают колебания концентрации в 2100 г. в пределах от минус 10 до +30 % по каждому сценарию. В этой связи общие пределы составляют  $490\text{--}1260 \text{ млн}^{-1}$  (75...350 % по сравнению с концентрацией 1750 г.). Концентрации других основных парниковых газов, кроме  $\text{CO}_2$ , в 2100 г. прогнозируются в широком диапазоне по всем шести рассматриваемым сценариям. Все сценарии, представленные в СДСВ, следует рассматривать как одинаково обоснованных. Необходимо отметить, что в сценариях не учтены дополнительные инициативы в отношении климата, т.е. ни в один из сценариев не включено допущение об осуществлении Рамочной конвенции ООН об изменении климата или о решении задачи уменьшения выбросов согласно Киотскому протоколу.

Ниже представлено краткое описание результатов моделирования, которые опубликованы в [4]:

– глобальная средняя приземная температура повысится в период с 1990 г. по 2100 г. на  $1,4\text{--}5,8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Эти результаты получены на основе ряда

моделей климата и соответствуют всему диапазону сценариев выбросов, представленных в СДСВ;

- повышение температуры ожидается более существенным, чем указанное во втором докладе МГЭИК и составлявшее 1,0...3,5 °С. Более высокие спрогнозированные значения температуры и более широкий диапазон являются следствием, в основном, более низких спрогнозированных уровней выбросов двуокиси серы в сценариях СДСВ по сравнению со сценариями Второго доклада (IS92);

- спрогнозированные темпы потепления гораздо выше, чем наблюдавшиеся изменения в течение 20 столетия; при этом весьма вероятно, что они будут беспрецедентными по сравнению с наблюдавшимися, по меньшей мере, за последние 10 000 лет, как можно судить по палеоклиматическим данным;

- вероятно, что потепление почти над всеми районами суши будет происходить более быстрыми темпами, чем в среднем по земному шару, особенно это относится к территориям, находящимся в высоких широтах северного полушария, в холодный сезон. Более заметное потепление ожидается в северных районах Северной Америки и в северных и центральных частях Азии, где, согласно результатам моделирования, оно может превысить среднее глобальное потепление более, чем на 40 %. В противоположность этому, потепление меньше среднего глобального ожидается на территориях в южной и юго-восточной частях Азии в летний период и в южной части Южной Америки в зимний период;

- с учетом широкого ряда сценариев изменения глобального климата среднее глобальное содержание водяного пара в атмосфере и количество атмосферных осадков в 21 столетии будут возрастать. Ко второй половине этого столетия количество осадков, вероятно, увеличится зимой в средних и высоких широтах северного полушария и в Антарктиде. Что касается низких широт, над территориями суши будут наблюдаться как увеличение, так и уменьшение осадков в зависимости от регионов. На большинстве территорий, для которых прогнозируется увеличение среднего количества осадков, ожидаются их значительные межгодовые колебания.

С 2004 г., практически через 10 лет после первого цикла работ по оценке уязвимости, Министерство охраны окружающей среды РК инициировало продолжение этих работ. В сравнении с предыдущими исследованиями [2, 3], в данном исследовании для построения сценариев изменения климата в Казахстане были использованы результаты расчетов только по

неравновесным, так называемым, сдвоенным моделям общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). При этом сценарии строились на перспективу до 2050 г. с интервалом 5 лет, что позволяет оценить изменение климата в динамике.

Для построения сценариев применялась версия 4.1 программного комплекса MAGICC/SCENGEN [9], разработанного по заданию МГЭИК в том числе и для проведения работ по оценке уязвимости. Версия 4.1 данного комплекса содержит выходные данные МОЦАО, прошедших апробацию в ходе выполнения международного проекта [6], в рамках которого было проведено сравнение результатов контрольных прогонов с климатическими данными периода 1971-2000 гг. Всего, таким образом, для включения в комплекс MAGICC/SCENGEN было отобрано 17 моделей. Выходные данные моделей приведены к единой широтно-долготной сетке, пространственное разрешение которой составляет  $5 \times 5^\circ$ .

К преимуществам комплекса MAGICC/SCENGEN можно отнести следующее: он позволяет учитывать или не учитывать влияние на температуру приземного воздуха сульфатных аэрозолей в атмосфере; он предусматривает использование по выбору пользователя любого из сценариев увеличения концентрации парниковых газов в атмосфере, вошедших в 6 сценариев, представленных в СДСВ и принятых при составлении Третьего доклада МГЭИК; кроме этого, в программный комплекс включены сценарии стабилизации концентрации парниковых газов на различных уровнях: 350, 450, 550, 650 и 750 млн<sup>-1</sup>.

На данном этапе исследований для Казахстана был использован один сценарий увеличения концентрации парниковых газов (обозначаемый как P50), который представляет собой медиану сценариев СДСВ. По сценарию P50 концентрация  $CO_2$  к 2100 г. достигнет значения около 730 млн<sup>-1</sup>. Так как охлаждающее влияние аэрозолей считается фактом доказанным и в [4] содержатся оценки радиационного воздействия аэрозолей, то в данной работе их влияние учитывалось.

Из 17 моделей комплекса для построения сценариев климата Казахстана было выбрано 5 следующих моделей: CCC1TR – модель Канадского климатического центра (CCC); CSI2TR – модель, разработанная в Австралийской научно-индустриальной Организации; ECH4TR – модель института Макса Планка, Германия; GISSTR – модель, разработанная Годдардовским институтом космических исследований, США; HAD2TR – модель Хадлей-Центра, Великобритания. Выбор осуществлен по значению

коэффициента пространственной корреляции между наблюдаемыми и смоделированными значениями температуры приземного воздуха. В таблице 1 представлены некоторые характеристики выбранных моделей. Последние две буквы в обозначении моделей указывают, что все они – неравновесные (транзиентные).  $\Delta T$  и  $\Delta R$  – изменения средних глобальных температуры приземного воздуха и количества осадков. По значениям  $\Delta T$  и  $\Delta R$  можно судить о чувствительности моделей к удвоению концентрации  $CO_2$  в атмосфере.

Таблица 1  
Характеристики использованных МОЦАО

МОЦАО	Год создания	Разрешение (сетка) модели	Коэффициент пространств. корреляции	Чувствительность к $2 \times CO_2$	
				$\Delta T$ , °C	$\Delta R$ , %
CCC1TR	1999	3,75°×3,75°	0,983	3,5	3,80
CSI2TR	1996	3,20°×5,60°	0,988	3,1	5,92
ECH4TR	1998	2,80°×2,80°	0,995	3,0	1,97
GISSTR	1995	7,83°×10,0°	0,985	4,2	11,0
HAD2TR	1995-1996	2,50°×3,75°	0,995	3,1	5,01

Как видно по данным табл. 1 коэффициент пространственной корреляции для всех выбранных моделей достаточно высок. Из всех представленных моделей модель GISSTR является наиболее чувствительной к удвоению концентрации  $CO_2$  в атмосфере. Остальные модели имеют примерно одинаковый порог чувствительности температуры (около 3 °C). Что касается осадков, то в глобальном масштабе менее всего они изменяются по модели ECH4TR.

Как уже было указано выше, расчеты изменения сезонных и годовых температур приземного воздуха (в °C) и количества атмосферных осадков (в % относительно средних многолетних значений) за период 1971-2000 гг. были выполнены для каждого пятилетия, начиная с 2005 г., для каждой точки широтно-долготного прямоугольника, заключенного между 40 и 55° с.ш. и 45 и 90° в.д. При этом необходимо иметь в виду, что результаты, относящиеся, например, к 2020 г., не характеризуют именно этот год, а являются усредненной характеристикой за период, охватывающий 10 лет до и 10 после указанного года. В целях уменьшения межмодельной неопределенности были выполнены также расчеты изменения

температуры воздуха и количества осадков, осредненного по всем выбранным пяти моделям. Таким образом, всего было получено и проанализировано 6 сценариев изменения климата Казахстана.

Для наглядного представления изменений температуры приземного воздуха и количества атмосферных осадков в динамике были рассчитаны средние по широтам изменения температуры (табл. 2) и осадков (табл. 3).

Таблица 2

Ожидаемые изменения средней годовой температуры воздуха ( $\Delta T$ , °C) в Республике Казахстан по неравновесным моделям относительно средних многолетних значений за период 1971-2000 гг.

Модель/ широта	Год									
	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>CCC1TR</b>										
52,5	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3
47,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	3,0	3,3
42,5	0,5	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,8	3,1
<b>CSI2TR</b>										
52,5	0,3	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1
47,5	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2
42,5	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,5
<b>ECH4TR</b>										
52,5	0,6	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,4	2,8	3,3	3,7
47,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,2	3,6
42,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,2	2,5	3,0	3,3
<b>GISSTR</b>										
52,5	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,2
47,5	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2
42,5	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,4
<b>HAD2TR</b>										
52,5	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6
47,5	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,2	2,4
42,5	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,5
<b>Среднее по пяти моделям</b>										
52,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,8
47,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,1	2,4	2,7
42,5	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,5	2,8

Анализ данных табл. 2 показывает, что средняя годовая температура приземного воздуха уже к 2015 г. повысится от 0,6...1,1 °C по моделям CCC1TR и ECH4TR. К середине исследуемого периода (2025 г.) толь-

ко по австралийской модели на широтах 47,5 и 52,5° повышение температуры не достигнет 1,0 °С. К 2050 г. максимальный рост температуры ожидается по модели ECH4TR (от 3,3 до 3,7 °С), минимальный – по австралийской модели CSI2TR (от 2,1 до 2,5 °С). Среднее по пяти моделям изменение средней годовой температуры воздуха лежит в пределах 2,7...2,8 °С.

Таблица 3

Ожидаемые изменения годового количества осадков ( $\Delta R$ , %) в Республике Казахстан по неравновесным моделям относительно средних многолетних значений за период 1971-2000 гг.

Модель/ широта	Год									
	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>CCC1TR</b>										
52,5	0,0	0,1	-0,2	-0,5	-0,3	-1,0	-0,9	-0,8	-0,3	-0,5
47,5	-0,1	0,3	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9	-1,1	-1,2	-1,0	-1,7
42,5	-0,3	0,0	-0,2	-0,3	-0,6	-0,9	-1,4	-1,8	-2,1	-3,1
<b>CSI2TR</b>										
52,5	1,5	2,3	2,7	3,2	3,8	4,5	5,4	6,6	8,0	8,8
47,5	1,8	3,0	3,7	4,5	5,2	6,0	7,0	8,1	9,6	10,1
42,5	1,1	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,4	4,8	5,3	5,2
<b>ECH4TR</b>										
52,5	0,1	0,2	-0,1	-0,3	-0,5	-0,6	-0,6	-0,3	0,2	0,1
47,5	-0,8	-0,7	-1,4	-2,0	-2,6	-3,3	-3,9	-4,4	-4,6	-5,8
42,5	0,0	0,4	0,3	0,2	0,1	-0,1	-0,4	-0,7	-0,9	-1,7
<b>GISSTR</b>										
52,5	0,4	0,7	0,6	0,6	5,3	0,6	0,9	1,3	2,1	2,1
47,5	-0,5	-0,3	-0,9	-1,3	4,1	-2,3	-2,8	-3,1	-3,1	-4,1
42,5	-1,5	-1,8	-2,6	-3,4	0,0	-5,3	-6,4	-7,4	-8,4	-10,0
<b>HAD2TR</b>										
52,5	2,1	3,1	3,9	4,7	5,6	6,7	8,0	9,5	11,4	12,7
47,5	3,7	5,8	7,4	9,2	11,2	13,2	15,4	17,9	20,7	22,7
42,5	4,1	6,4	8,4	10,6	12,9	15,3	17,8	20,4	23,2	25,6
<b>Среднее по пяти моделям</b>										
52,5	0,8	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,6	3,3	4,3	4,6
47,5	0,9	1,7	1,8	2,1	2,3	2,6	2,9	3,4	4,2	4,1
42,5	0,7	1,5	1,8	2,1	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	2,9

Относительно ожидаемого изменения количества осадков необходимо отметить, что, как и в предыдущих исследованиях, картина получилась довольно пестрая. По модели CCC1TR начиная с 2015 г. изменение осадков характеризуется только отрицательным знаком, хотя по величине

уменьшение незначительное. В 2050 г. осадки по данной модели уменьшатся на величину от 0,5 до 3,1 %. Примерно такая же картина получается по модели ECH4TR, максимальное уменьшение осадков в 2050 г. составит 5,8 % на широте 47,5° с. ш. Более значительное уменьшение годовых сумм осадков ожидается по модели GISSTR, причем, уменьшение будет происходить не повсеместно в исследуемом районе, а только на широтах 42,5° и 47,5° с. ш., и к 2050 г. достигнет 10 % на широте 42,5° с. ш. По моделям CSI2TR и HAD2TR, а также по результатам усреднения по всем 5 моделям, ожидается увеличение количества осадков с самого начала исследуемого периода. По модели HAD2TR к 2050 г. это увеличение наиболее существенное и составит 25,6 % на широте 42,5° с. ш.

Приведем сравнение по сезонам изменений температуры воздуха и атмосферных осадков, ожидаемых по различным МОЦАО в 2050 г. На рис. 1 представлены рассчитанные разности температуры между средней многолетней температурой 20-летнего интервала, серединой которого является 2050 г., и средней многолетней температурой базового периода 1971-2000 г. ( $\Delta T$ , °C). Данные осреднены по точкам широтно-долготной сетки исследуемого региона.

Анализ этих материалов позволяет заключить, что все модели дают рост температуры воздуха во все сезоны года. Максимальный рост сезонной и годовой температуры ожидается по модели ECH4TR: зима – на 3,7 °C, весна – на 3,6 °C, лето – на 4,0 °C, осень – на 3,0 °C, год – на 3,5 °C. Следующие по значимости повышения температуры воздуха ожидаются по модели CCC1TR: значения  $\Delta T$  для зимы, весны, лета и года превышают 3,0 °C и колеблются от 3,2 °C (год) до 3,6 °C (весна), осенью  $\Delta T = 2,7$  °C. По остальным моделям изменение сезонных и годовых температур лежит в пределах от 2,0 °C (весна, модель CSI2TR) до 2,9 °C (лето, среднее по моделям), изменение годовых температур – от 2,3 °C по моделям CSI2TR и GISSTR до 2,8 °C по осредненным по всем моделям. По трем из 6-ти рассмотренных сценариев максимальный рост температуры ожидается летом (ECH4TR, GISSTR, среднее по моделям), по двум – зимой (CSI2TR и HAD2TR), по модели CCC1TR – весной.

Максимальная разница между сезонными  $\Delta T$  составляет всего 1 °C по сценарию ECH4TR. Таким образом, можно сделать вывод, что ожидаемые повышения температуры воздуха незначительно колеблются от сезона к сезону, т. е. их годовой ход относительно плавный.

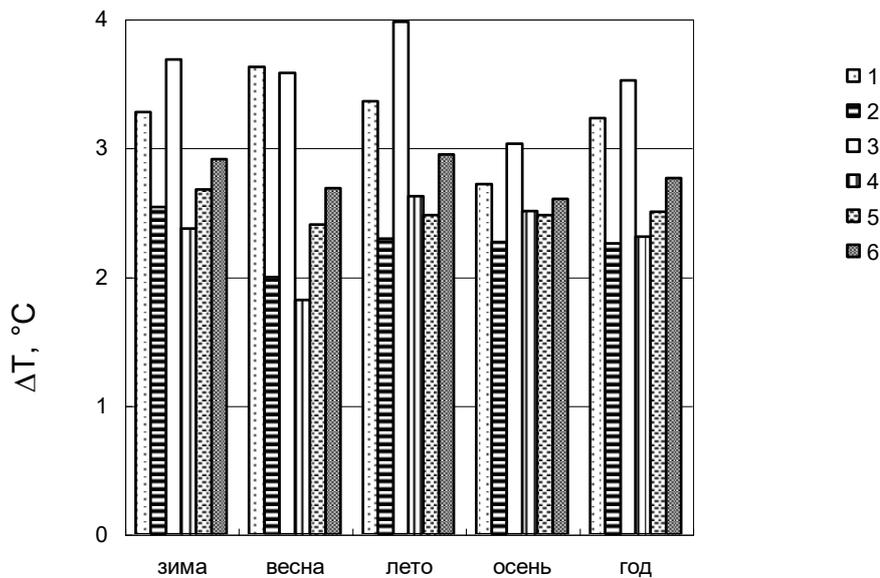


Рис. 1. Расчетное изменение средних многолетних сезонных и годовых температур приземного воздуха ( $\Delta T$ , °C) для периода 2041-2060 гг. относительно периода 1971-2000 гг. по различным моделям общей циркуляции атмосферы и океана в Республике Казахстан. 1 – CCC1TR; 2 – CSI2TR; 3 – ECH4TR; 4 – GISSTR; 5 – HAD2TR; 6 – все модели.

На рис. 2 показано ожидаемое изменение количества атмосферных осадков по сезонам и в целом за год, выраженное в процентах относительно среднего многолетнего количества осадков базового периода 1971-2000 гг.

Зимой по всем сценариям, за исключением сценария по модели GISSTR (минус 2%), ожидается увеличение осадков от 1% (CCC1TR) до 28% (HAD2TR). Весной уже по двум сценариям ECH4TR и GISSTR ожидается уменьшение осадков на 3...5%, по остальным сценариям – увеличение, но менее значительное, чем в зимний период – на 3...5% по сценарию CCC1TR и среднему по моделям, и на 14...16% – по CSI2TR и HAD2TR. Летом по сценариям ECH4TR и GISSTR прогнозируемое уменьшение осадков несколько более существенное, чем весной – на 6...10%.

Кроме этого, уменьшения на 4% следует ожидать и по модели CCC1TR. Модели HAD2TR и CSI2TR дают рост осадков на 8 и 25%, со-

ответственно. Осень - единственный сезон, для которого по всем сценариям ожидается увеличение осадков. Однако по пяти сценариям это увеличение незначительное – от 1 % (GISSTR) до 6 % (средний по моделям сценарий). Модель HAD2TR предсказывает значительное увеличение – на 22 %. Годовое количество осадков по трем из 6-ти сценариев уменьшится на 2...4 %, по трем – увеличится на 4...20 %.

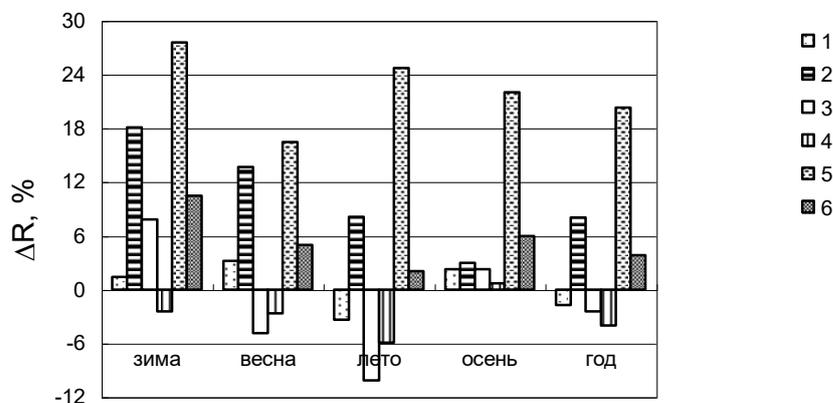


Рис. 2. Расчетное изменение средних многолетних сезонных и годовых сумм осадков ( $\Delta R$ , %) для периода 2041-2060 гг. относительно периода 1971-2000 гг. по различным моделям общей циркуляции атмосферы и океана в Республике Казахстан. 1 – CCC1TR; 2 - CSI2TR; 3 – ECH4TR; 4 - GISSTR; 5 – HAD2TR; 6 – все модели

Зимой по всем сценариям, за исключением сценария по модели GISSTR (минус 2 %), ожидается увеличение осадков от 1 % (CCC1TR) до 28 % (HAD2TR). Весной уже по двум сценариям ECH4TR и GISSTR ожидается уменьшение осадков на 3...5 %, по остальным сценариям – увеличение, но менее значительное, чем в зимний период – на 3...5 % по сценарию CCC1TR и среднему по моделям, и на 14...16 % – по CSI2TR и HAD2TR. Летом по сценариям ECH4TR и GISSTR прогнозируемое уменьшение осадков несколько более существенное, чем весной – на 6...10 %.

Кроме этого, уменьшения на 4 % следует ожидать и по модели CCC1TR. Модели HAD2TR и CSI2TR дают рост осадков на 8 и 25 %, соответственно. Осень - единственный сезон, для которого по всем сценариям ожидается увеличение осадков. Однако по пяти сценариям это увеличение незначительное – от 1 % (GISSTR) до 6 % (средний по моделям сценарий).

нарий). Модель HAD2TR предсказывает значительное увеличение – на 22 %. Годовое количество осадков по трем из 6-ти сценариев уменьшится на 2...4 %, по трем – увеличится на 4...20 %.

Наиболее благоприятным для увлажнения территории является сценарий HAD2TR, предсказывающий самое значительное увеличение осадков во все сезоны года – на 16 % летом и на 26 % зимой. Самый неблагоприятный – сценарий GISSTR, согласно которому в целом за год и во все сезоны за исключением осени следует ожидать уменьшения осадков на 2...6 %, причем наиболее существенное – на 6 % летом.

В глобальном масштабе при росте температуры ожидается увеличение количества осадков за счет возрастания испаряемости. Но в региональном масштабе последний фактор может привести к дополнительному иссушению климата. Поэтому совершенно очевидно, что необходимо оценить изменение климата с учетом взаимодействия таких важных характеристик климата, как температура приземного воздуха и количество осадков. Расчет коэффициентов увлажнения с учетом ожидаемых по моделям значений температуры и количества осадков по формуле, приведенной в [1], показал, что вероятнее всего следует ожидать ухудшения условий увлажнения на большей части территории Казахстана. Наиболее экстремальными для равнинной территории Казахстана можно назвать сценарии CCC1TR и ECH4TR, так как они предполагают наибольшее повышение температуры, сопровождаемое лишь незначительным увеличением осадков и даже их уменьшением. При таких сценариях изменения климата граница засушливой зоны может переместиться к северу на 100...200 км, т.е. засушливая зона расширится и будет занимать примерно 2/3 территории Казахстана. Сценарий HAD2TR – единственный, согласно которому рост температуры будет компенсироваться увеличением атмосферных осадков. В этом случае площадь засушливой зоны уменьшится в результате смещения ее северной границы к югу на 50...70 км в западных и восточных районах Казахстана, в центральных районах – на 70...100 км.

В заключение необходимо отметить, что работы над сценариями изменения климата Казахстана необходимо продолжить с применением либо моделей регионального климата, либо различной техники по регионализации выходных данных моделей глобального климата. Это позволит получить более детальное, а значит представляющее более практический интерес, территориальное распределение основных климатических параметров в условиях глобального потепления.



УДК 551.588.7(574)

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ  
ГАЗОВ КАК ОСНОВА, ОПРЕДЕЛЯЮЩАЯ ПОТЕНЦИАЛ  
КАЗАХСТАНА ДЛЯ РАТИФИКАЦИИ КИОТСКОГО ПРОТОКОЛА**

Канд. геогр. наук Алексей В. Чередниченко

*Представлены результаты инвентаризаций парниковых газов в Республике Казахстан за 1990-2004 гг., показан потенциал страны в вопросе сокращения эмиссий парниковых газов (ПГ) на период до 2012 г. в случае ратификации Киотского протокола.*

Экономическое развитие мирового сообщества в последнее столетие достигло такого уровня использования энергетических ресурсов и, соответственно, антропогенных выбросов в атмосферу, что воздействие накопленных в атмосфере газов, создающих парниковый эффект, начинает сказываться в виде роста среднегодовой температуры приземного воздуха и оказывает дестабилизирующее влияние на климат в глобальном масштабе. На основе отчета Межгосударственной группы экспертов (МГЭИК) в 1992 г. была принята Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН). В Конвенции признается, что основная причина глобального потепления - это усиление парникового эффекта, и в значительной мере он обусловлен антропогенными выбросами.

Для повышения эффективности мер по выполнению обязательств по Конвенции и усилению обязательств развитых стран в 1997 г. был принят Киотский протокол (КП), согласно которому промышленно развитые страны к 2008-2012 гг. сократят свои совокупные выбросы парниковых газов по меньшей мере на 5 % по сравнению с уровнем 1990 г. Историческое значение протокола заключается в определении гибких рыночных механизмов, с помощью которых предполагается сокращение выбросов парниковых газов в глобальном масштабе и содействие устойчивому развитию стран, в которых реализуются проекты. Использование этих механизмов повышает эффективность экономической политики посредством инвестирования в приоритетные сектора экономики, передачи чистых передовых технологий, снижающих энергоемкость продукции с одновре-

менным получением дополнительных выгод в социальной сфере и сфере охраны окружающей среды.

В марте 1999 г. Казахстан подписал Киотский протокол на правах страны, не включенной в Приложение I РКИК ООН и Приложение В к Киотскому протоколу, т.е. обязательства по стабилизации или ограничению выбросов ПГ на него пока не распространяются, но и торговать квотами он не может. В апреле этого же года Казахстан заявил о своем намерении вступить в Приложение I РКИК ООН, при этом республике необходимо определить такие количественные обязательства, чтобы их выполнение не препятствовало устойчивому социально-экономическому росту страны.

Необходимым условием участия в процессах передачи квот на выбросы является наличие неиспользованной национальной квоты в период 2008-2012 гг. Ее наличие должно подтверждаться данными ежегодной национальной инвентаризации выбросов и стоков ПГ, проведенной в соответствии с международной методологией МГЭИК (Межправительственной группы экспертов по изменению климата). Кроме того, к 2007 г. в стране должен быть создан Национальный регистр сокращения выбросов, соответствующий рекомендациям МГЭИК, также система сертификации и регистрации всех сделок по передаче квот на выбросы и контроля за их реализацией и результатами [3].

Работы по инвентаризации выбросов из источников и стоков парниковых газов в Казахстане выполнялись за отдельные годы (1990, 1992, 1994, 1999-2004 гг.). Ответственным государственным органом за проведение инвентаризации ПГ в РК является Министерство охраны окружающей среды (МООС РК), на которое возлагаются обязанности по координации и контролю за выполнением этой работы. КазНИИЭК (бывший КазНИИМОСК) проводил работы по инвентаризации выбросов/стоков (ПГ) в РК, начиная с 1993 г. в рамках международных проектов и в последние годы по заказу МООС РК.

Первый отчет по инвентаризации ПГ за 1990 г. был подготовлен в рамках Казахстанско-американского проекта «Парниковые газы и изменение климата Казахстана» (1993–1996 гг.) при технической помощи «Программы США по поддержке национальных исследований» (U.S. Country Studies Program). Результаты этой работы по инвентаризации послужили основой для проведения инвентаризации в рамках Первого Национального Сообщения РК по РКИК ООН, после которой Инвентаризация ПГ в РК

стала проводиться ежегодно. Инвентаризация за 2004 г. выполнялась под руководством автора данной работы.

Казахстан является одним из самых крупных источников антропогенных выбросов парниковых газов среди государств Центральной Азии и по объему выбросов занимает третье место среди стран бывшего Советского Союза после России и Украины. Структура выбросов парниковых газов в Казахстане аналогична структуре выбросов стран с развитым топливно-энергетическим комплексом.

Количественная оценка эмиссий парниковых газов в Республике Казахстан проводится в соответствии с существующими международными Руководствами по составлению национальных кадастров антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями всех парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. Согласно принятой в 1996 г. международной методологии МГЭИК, в национальном кадастре, источники выбросов парниковых газов в атмосферу в Казахстане делятся на пять категорий: энергетическая деятельность; промышленные процессы; сельское хозяйство; изменение землепользования и лесное хозяйство; отходы. Представляются данные об эмиссиях следующих парниковых газов: диоксид углерода ( $CO_2$ ), метан ( $CH_4$ ), закись азота ( $N_2O$ ), оксиды азота ( $NO_x$ ), окись углерода ( $CO$ ), неметановые углеводороды ( $HMU$ ) и двуокись серы ( $SO_2$ ) [1].

Основная доля эмиссий парниковых газов в Казахстане поступает в атмосферу от энергетической деятельности, включающей электро- и теплоэнергетику, добычу, транспортировку и переработку различных видов топлива, главным образом, углей, высокосернистых и высокозольных. Уголь – наиболее распространенный и дешевый вид топлива в стране, занимает почти 60 % в структуре топливного баланса Казахстана. В настоящее время на выбросы диоксида углерода при его сжигании приходится в среднем около 80 % от общего количества эмиссий  $CO_2$ . На выбросы  $CO_2$  от сжигания природного газа и жидкого топлива приходится примерно по 10 %.

В связи с тем, что любая страна при принятии на себя обязательств в рамках КП имеет возможность выбрать базовый год, по отношению к которому будут рассчитываться выбросы ПГ, в РК предложено считать таким годом 1992 г., где общие эмиссии ПГ с учетом стока (поглощения лесами) составляли 340 млн. т  $CO_2$ -экв. Поэтому оцениваются все эмиссии ПГ в республике за 1994-2004 год по отношению к 1992 г.

Общие эмиссии парниковых газов от всех категорий источников имели тенденцию снижения по 1999 г., начиная с 2000 г. наблюдается их рост, и в 2004 г. общие эмиссии составили 59,8 % от уровня 1992 г. Как видно на рис.1, на протяжении всего периода основным источником эмиссий парниковых газов в Казахстане является энергетическая деятельность, доля которой составляет около 80 % от общего количества выбросов [2].

За период 1990-2004 гг. доля эмиссий ПГ от сельского хозяйства находится в пределах 9,5...13,0%, доля эмиссий парниковых газов от технологических процессов в промышленности - от 3,1 до 8,4 %. Доля эмиссий от категории «Отходы» на протяжении рассматриваемого периода растет и составляет от 0,9 % до 2,9 % в разные годы.

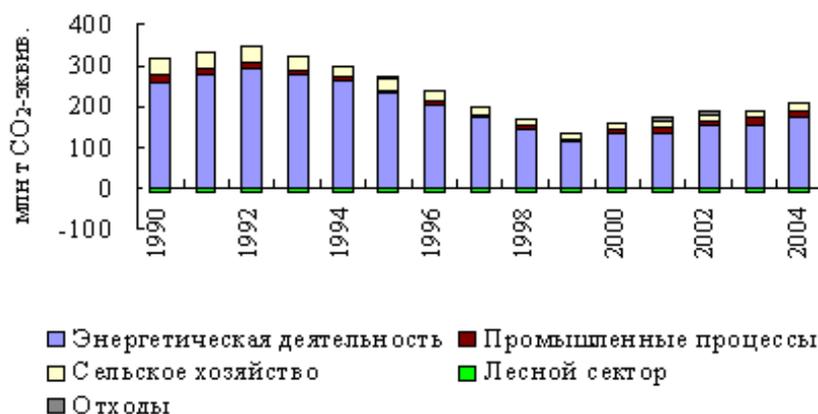


Рис. 1. Структура общих эмиссий и стоков ПГ с прямым парниковым эффектом по основным категориям источников.

Выбросы парниковых газов в категории «Энергетическая деятельность» в Казахстане производятся большим количеством источников, которые объединены в две подкатегории – сжигание органического топлива и летучие эмиссии от добычи, транспортировки и переработки угля, нефти и газа. Наибольший вклад в общие национальные эмиссии (71,4 %) вносит сжигание ископаемого топлива, что составляет 152,4 млн. т CO<sub>2</sub>-экв. в 2004 г. Общие эмиссии ПГ от категории «Энергетическая деятельность» в 2004 г. составили 172,7 млн тон CO<sub>2</sub>-экв., что составляет около 81 % от общих национальных эмиссий парниковых газов.

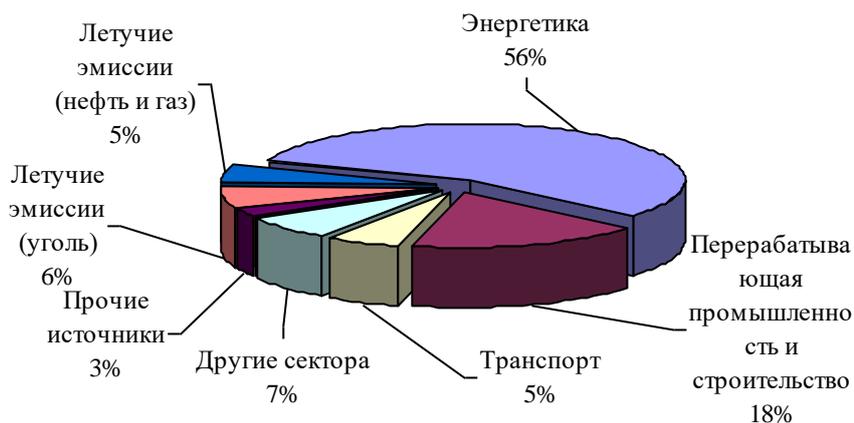


Рис. 2. Доля эмиссий ПГ с прямым парниковым эффектом в категории «Энергетическая деятельность» в 2004 г.

Категория «Летучие эмиссии» является вторым по значимости источником эмиссий прямых парниковых газов в Казахстане и составляет 9,3 % от общих национальных эмиссий в  $CO_2$ -экв., объем эмиссий ПГ в данной категории составил в 2004 г. около 19,7 млн. т  $CO_2$ -экв., из них на нефтегазовый сектор приходится 8,8 млн. т, и около 11 млн. т – на деятельность, связанную с углем, кроме того эта категория является одной из основных источников эмиссии  $CH_4$  и составляла в 2004 г. 49,5 % от общих эмиссий метана в Казахстане.

Доля выбросов от категории «Промышленные процессы» составляет 7,8 % от общих национальных эмиссий в  $CO_2$ -эквиваленте в 2004 г. Общий объем эмиссий ПГ от этой категории в 2004 г. составил 16 680 тыс. т  $CO_2$ -экв., что на 5 % больше, чем в 2003 г., причем доля метана составляла менее 0,22 % (табл. 1).

Как видно в таблице, эмиссии ПГ от этой категории уменьшались по сравнению с 1992 г. за все годы инвентаризации. Однако, после значительного сокращения выбросов в середине 90-х годов, с 2002 г. наблюдается рост эмиссий, а в 2004 г. количество выбросов приблизилось к уровню 1992 г.

В 2004 г. эмиссии от категории «Сельское хозяйство» составили 19 184 тыс. т  $CO_2$ -экв., что на 6 % превышает эмиссии 2003 г., и в 2,1 раза ниже выбросов базового 1992 г. (рис. 3). Доля метана в 2004 г. составляет

47 %, доля закиси азота – 53 %. Вклады оксидов азота и окиси углерода в суммарные эмиссии категории незначительны. Объем выбросов метана равен 8 953 тыс. т  $CO_2$ -экв., закиси азота – 10 231 тыс. т  $CO_2$ -экв.

Таблица 1  
Эмиссии  $CH_4$  и  $CO_2$  от категории «Промышленные процессы»,  
тыс. т  $CO_2$ -экв.

Год	$CO_2$	$CH_4$	Всего
1990	20 033	40	20 073
1992	16 881	34	16 915
1994	7 524	21	7 545
1999	8 896	26	8 922
2000	11 797	27	11 824
2001	12 937	32	12 968
2002	14 365	32	14 398
2003	15 823	32	15 855
2004	16 642	38	16 680

Примечание: Суммы могут не сходиться из-за округления

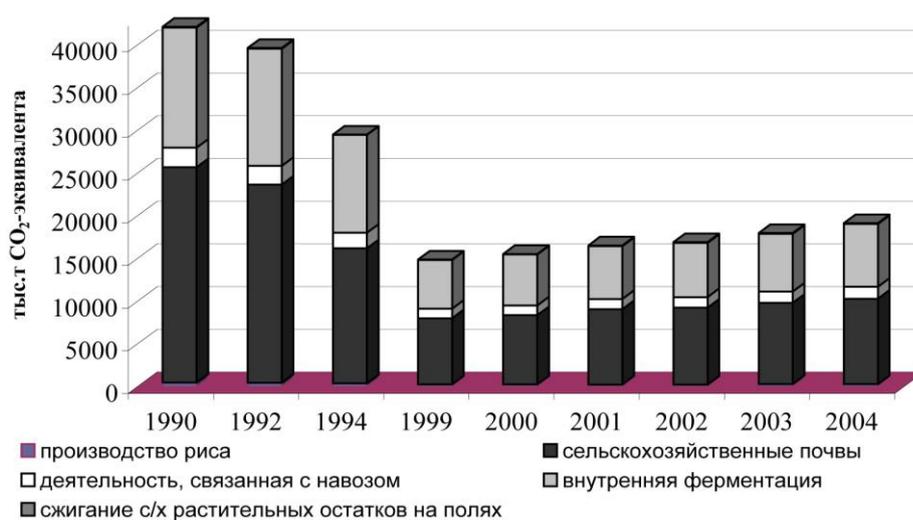


Рис. 3. Доля ПГ с прямым парниковым эффектом в категории «Сельское хозяйство».

В 2004 г. в категории «Отходы» (рис. 4) произведено 4870 тыс. т  $CO_2$ -экв. ПГ, что на 1 % превышает эмиссии 2003 г., на 53 % - эмиссии базового 1992 г. Доля метана в 2004 г. составляет 92 %, доля закиси азота - 8 %. Как видно на рис. 4, основным источником эмиссий ПГ от категории «Отходы» во все годы являются твердые бытовые отходы, она составляет 77 %, а доля эмиссий от систем сточных вод составляет 23 % от общих эмиссий этой категории.

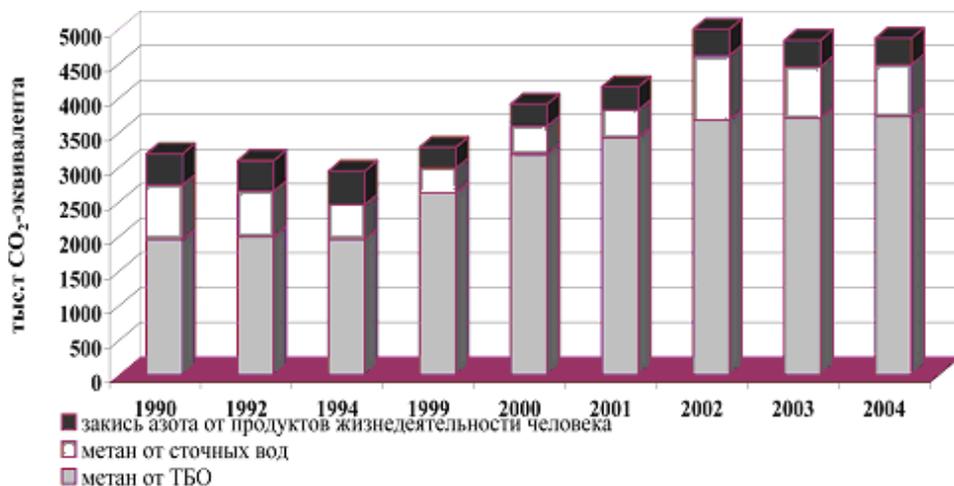


Рис. 4. Доля ПГ с прямым парниковым эффектом в категории «Отходы».

Были также проведены расчеты стока и эмиссий в категории «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство». Согласно оценке уровень поглощения ПГ от землепользования в 2004 г. составил – 3,8 млн. т, а в лесном секторе – 4,7 млн т.

В результате проведения инвентаризации парниковых газов в Казахстане в 2004 г. общие эмиссии парниковых газов составили 213,3 млн. т  $CO_2$ -экв., включая 172,2 млн. т  $CO_2$ -экв. эмиссий от энергетической деятельности, 16,6 млн. т  $CO_2$ -экв. от промышленных процессов, 19,7 млн. т  $CO_2$ -экв. от сельского хозяйства, и 4,8 млн. т  $CO_2$ -экв. от отходов, как показано на рис. 4. Поглощение  $CO_2$  лесами и посевами в 2004 г. составило 7,5 млн. т. Таким образом, нетто-эмиссии с учетом поглощения (секвестрации)  $CO_2$  лесами оценены в 205,8 млн. т  $CO_2$ -экв. Удельные

эмиссии ПГ на душу населения в 2004 г. составили более 13,6 т, из них около 11,4 т приходится на  $CO_2$ .

На рис. 5 приведена процентная доля каждой категории источников эмиссий в общие национальные эмиссии, продемонстрировано, что доля энергетики составляет в 2004 г. 81 %, на втором месте находится сельское хозяйство (9,0 %), третьим по значимости источником выбросов являются промышленные процессы (7,8 %), доля отходов составляет 2,2 %.

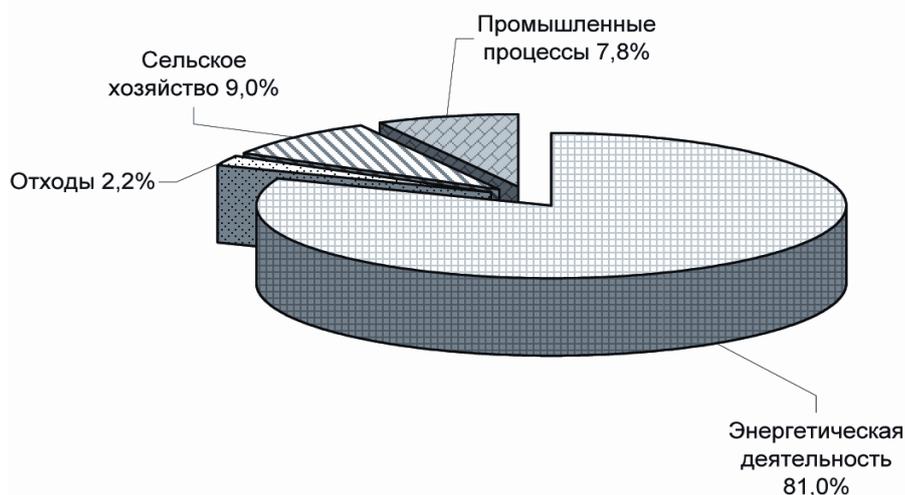


Рис. 5. Вклад категорий источников эмиссий в общие национальные эмиссии ПГ в 2004 г.

Общие эмиссии ПГ в 2004 г. составили 69,4 % от уровня эмиссий 1990 г. и 59,8 % от базового 1992 г. По отношению к 2003 г. общие эмиссии ПГ в 2004 г. выросли на 25 млн. т, что составило около 12 %.

Таким образом, при данных темпах развития экономики существует достаточно большой запас объемов выбросов ПГ в стране по сравнению с 1992 г.

Надо отметить, что этот запас можно увеличить путем внедрения новых технологий сжигания ископаемого топлива энергетическим комплексом Республики, повышении его эффективности, переходе на другие виды энергии, например, ветровую, гидроэнергию, атомную или солнечную и как результат-сокращение выбросов ПГ в стране. Это тем более актуально потому, что более трети прежних основных фондов страны уже физически не существует, а расчеты, сделанные в соответствии с энерге-

тической программой, программой развития страны до 2030 г., одобренной правительством Казахстана, а также в соответствии с разработками Минэкономики, подготовленными для президента Н.А. Назарбаева об удвоении ВВП в течение следующих 10 лет, показывают, что Казахстан не только не возвращается на уровень 1992 г., но практически не выбирает имеющийся запас (25...30 процентов) по выбросам парниковых газов до 2015 г. У страны еще останется порядка 40...50 миллионов тонн парниковых газов, которые можно будет использовать в первый зачетный период 2008-2012 гг., не нарушая требований Киотского протокола, и в случае ратификации протокола - принимать активное участие во всех его механизмах, а также в торговле квотами.

Результаты оценки выбросов  $CO_2$ , содержащиеся в отчете по инвентаризации ПГ за 2004 г., являются официальными и поэтому их можно использовать при решении следующих задач:

- контроль выполнения обязательств в соответствии с положениями статьи 4.1(a) и 12 (1) (РКИК ООН);
- подготовка национальных сообщений Республики Казахстан по РКИК ООН;
- разработка национальной стратегии Казахстана по снижению эмиссий ПГ;
- определение возможных количественных обязательств Казахстана по сокращению выбросов ПГ;
- разработка сценариев эмиссий ПГ на период действия первого бюджетного периода (2008 – 2012 гг.), определенного Киотским Протоколом.

В то же время процесс оценки выбросов ПГ должен быть непрерывным, т.е. выполняться и корректироваться ежегодно. Только в этом случае можно ожидать получения надежных данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пересмотренные Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. - МГЭИК, 1996. - Т. 1-3. Справочное руководство.- 700 с.
2. Количественная оценка выбросов парниковых газов, разработка сценариев эмиссий парниковых газов, разработка национальной стратегии Казахстана по снижению эмиссий парниковых газов, подготовка условий для создания национальной системы лицензи-

рования квот на выбросы парниковых газов, налаживание системы мониторинга и отчетности по эмиссиям/стоку парниковых газов: Отчеты о НИР/ МООС РК, РГП «КазНИИЭК». - Алматы, 1993-2004.

3. FCCC/CP/2001/20. Guidelines for national systems under Article 5, paragraph 1, of the Kyoto Protocol. UNFCCC Conference of the Parties, Seventh session, 10 November 2001.- 35 p.

РГП «КазНИИЭК»

**КИОТТЫҚ ПРОТОКОЛДЫ РАТИФИКАЦИЯЛАУ ҮШІН  
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ПОТЕНЦИАЛЫН АНЫҚТАУШЫ БОЛЫП  
ТАБЫЛАТЫН ПАРНИКТІ ГАЗДАРДЫҢ ШЫҒЫНДАРЫН  
САПАЛЫ БАҒАЛАУ**

Геогр. ғылымд. канд.

Алексей В. Чередниченко

*Қазақстан Республикасында 1990-2004 жылдар аралығында парникті газдарды тіркеу нәтижелері келтірілген, сонымен бірге Киоттық протоколды ратификациялау жағдайында 2012 жылға дейін парникті газдардың эмиссиясын қысқарту сұрағында елдің потенциалы көрсетілген.*

УДК 528.88(15), 528.85/.87(15)

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Канд. геогр. наук А.Х. Ахмеджанов

*Во многих задачах физики атмосферы, метеорологии и экологии важно знание пространственного распределения метеорологических элементов над конкретным районом, поэтому в данной работе предлагаются численные модели региональных атмосферных процессов.*

За последние десятилетия на основе результатов теоретических разработок в динамической метеорологии и методов вычислительной математики, а также, благодаря появлению современных быстродействующих электронно-вычислительных машин, было создано новое направление в динамической метеорологии – численное моделирование атмосферных процессов. Основой этих методов являются численные модели атмосферных процессов. Основателем этого направления является советский ученый И.А. Кибель [2], который впервые теоретически обосновал возможность прогноза погоды на основе фундаментальных законов физики атмосферы с использованием уравнений гидротермодинамики. Вопросы теории и реализации этих уравнений имеются в работах Ф.Д. Томпсона и М.И. Юдина [9, 10].

Баротропные модели ограничены по своему физическому содержанию, так как в них учитывается только перераспределение кинетической энергии при дисперсии волновых процессов. Эти модели послужили хорошей основой для создания бароклиновой модели атмосферы.

Бароклинные квазигеострофические модели предполагают более сложные процессы, связанные с превращениями кинетической энергии во внутреннюю и обратно. В результате численных экспериментов стало известно, что баротропные модели только в некоторых случаях описывают циклогенез, а бароклиновая квазигеострофическая модель описывает до 60...70 % случаев циклогенеза.

Численные схемы моделирования атмосферных процессов на основе бароклиновых квазигеострофических моделей получили большое развитие в работах Г.И. Марчук и А.С. Монин [3-8].

Следующим крупным шагом было применение численных схем, основанных на интегрировании полных гидродинамических моделей атмосферных процессов. В отличие от квазигеострофических (квазисоленоидальных) моделей, описывающих крупномасштабные процессы и инерционные атмосферные волны, модели с полными уравнениями гидротермодинамики описывают как крупномасштабные, так и мезомасштабные процессы (в зависимости от шага сетки), инерционные, гравитационные, внешние и внутренние волны.

Численные модели атмосферы делятся на глобальные (полушарные), которые предназначены для прогноза на несколько суток, региональные с уменьшенным шагом сетки для прогноза по регионам на 1...2 суток, и локальные, используемые для детализированного прогноза в течение суток для конкретной местности.

На основе крупномасштабных численных моделей атмосферы рассчитывается пространственно-временное распределение метеорологических величин. К этим величинам относятся давление, температура, составляющие скорости ветра. Сам же прогноз погоды должен включать в себя ряд других метеорологических величин, таких как облачность, осадки, туман, видимость, максимальную и минимальную температуру воздуха, а также различные опасные явления природы (грозы, засухи, метели и др.). Следовательно, крупномасштабные прогностические модели прогнозируют фоновые состояния метеорологического режима. Эти модели дают возможность расчета величин, осредненных по площади элементарных ячеек в расчетной сетке моделей, равной примерно 300×300 км. Осредненные параметры дают возможность моделирования крупномасштабного синоптического процесса.

### **Региональная баротропная модель атмосферы**

В исследованиях атмосферы достаточно часто применяются уравнения мелкой воды, получаемые из полных уравнений гидротермодинамики в результате предположения однородности потока по высоте. Такие модели атмосферы называются баротропными. В баротропной атмосфере плотность воздушных масс есть функция давления. Подобное допущение возможно для так называемого среднего уровня атмосферы. Аэрологические исследования показывают, что этот слой может находиться между высотами 2 и 8 км. В оперативной практике за средний уровень атмосферы принимают уровень поверхности 500 или 700 гПа.

Баротропная модель атмосферы сравнительно простая, поэтому является одним из подготовительных этапов для создания более сложных моделей. Одним из удобных примеров баротропной модели атмосферы является работа Д.Я. Прессмана, описанная в [1]. Исходная система уравнений гидродинамики в случае мелкой воды запишется в виде

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - lV + \frac{\partial f}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} - lU + \frac{\partial f}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial t} + U \frac{\partial f}{\partial x} + V \frac{\partial f}{\partial y} + f_c \left( \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \right) = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где  $f = g \cdot z$  – геопотенциал;  $g$  – ускорение свободного падения (9,8 м/с);  $U, V$  – составляющие скорости ветра;  $f_c$  – постоянная, являющаяся средним значением геопотенциала в рассматриваемом слое;  $l$  – коэффициент Кориолиса, равный примерно  $10^{-4} \text{ с}^{-1}$  для средних широт.

Начальными условиями могут служить данные численного анализа для средней высоты слоя (500 гПа), перенесенные в узлы рассматриваемой сетки.

$$\begin{aligned} U(x, y, z) &= U_H(x, y, z) = V_H(x, y, z), \\ f(x, y, z) - f_H(x, y, z) & \quad \text{при } t = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Значения  $U_H, V_H$  и  $f_H$  могут определяться из результата численного анализа данных изобарической поверхности 500 гПа. Эти данные могут быть получены по результатам высотного зондирования, картам барической топографии Гидрометцентра Российской Федерации (РФ) и Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды.

Способ, используемый в оперативной прогностической модели Национального метеорологического центра США, в котором на боковых границах предполагают наличие буферной зоны, располагающейся вокруг рассматриваемой области, является наиболее удачным. В пределах буферной зоны решается краевая задача для уравнения Лапласа с изменяющимися по времени граничными условиями на внутренней и внешней границе. Граничные условия можем записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} U|_G &= U_G; \quad V|_G = V_G; \quad \Phi|_G = \Phi_G \quad \text{и} \\ \Delta v|_G &= \Delta V|_G = \Delta f|_G = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$  – лапласиан,  $z$  – индекс, обозначающий границу рассматриваемой области.

Задание условий в виде (3) позволяет находить значения граничных значений искомых функций на каждом новом шаге по времени на основе знания значений функций во внутренних точках, определяемых на основе их предыдущего состояния по времени.

Постановку задачи (1) с начальными (2) и граничными условиями (3) можно считать законченной, что позволяет приступить к ее решению.

В рассматриваемой области вводится сетка с шагами  $dx$  и  $dy$  по оси  $x$  и  $y$ , и по времени  $t$ , равная  $dt$ , что означает  $x = idx$ ,  $y = jdy$ ,  $t = kdt$ . По значениям  $u$ ,  $v$  и  $f$  в точках  $i, j, k$  согласно (1) можно определить значения в некоторых промежуточных точках  $i + \frac{1}{2}$ ;  $j + \frac{1}{2}$ ;  $k + \frac{1}{2}$ .

### **Региональная бароклинная модель атмосферы**

Основу всех численных моделей атмосферы составляют уравнения движения, притока тепла, неразрывности, переноса влаги и атмосферных примесей, представляющих собой систему уравнений гидротермодинамики атмосферы. Решение этой системы уравнений было связано, в первую очередь, с развитием численных методов прогноза погоды. Оперативная служба погоды в настоящее время пользуется схемами, основанными на интегрировании полных гидродинамических уравнений атмосферных процессов.

#### *Основные уравнения гидротермодинамики атмосферы*

Для исследования атмосферных процессов эволюции поля скорости ветра, давления и температуры в бароклинной атмосфере применяется система уравнений гидродинамики и переноса тепла применительно к атмосферным процессам регионального масштаба.

Система уравнений гидротермодинамики атмосферы в системе координат  $x, y, z, t$  записывается в следующей форме:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial \xi} = -\frac{\partial \Phi}{\partial x} + l v + F_x, \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial \xi} = -\frac{\partial \Phi}{\partial y} - l u + F_y, \\ \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} - \frac{RT}{g} (\gamma_a - \gamma) \frac{w}{\xi} = \frac{E}{C_p}, \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial \xi} = 0, \\ \frac{\partial \Phi}{\partial \xi} = -\frac{R}{\xi} T, \end{array} \right. \quad (4)$$

где  $u, v$  – горизонтальные составляющие вектора скорости ветра по осям  $x, y$ ;  $\xi = p/p_0$ ;  $p$  – давление;  $p_0 = 1000$  гПа;  $W = d\xi/dt$  – аналог вертикальной скорости;  $R$  – газовая постоянная для сухого воздуха;  $\Phi = g \cdot z$  – геопотенциал;  $g$  – ускорение свободного падения;  $T$  – температура;  $l = 2\omega \sin \varphi$  – параметр Кориолиса;  $\omega$  – угловая скорость вращения Земли;  $\varphi$  – широта;  $\gamma_a = \frac{\chi - 1}{\chi} \frac{g}{R}$  – сухоадиабатический градиент;  $\gamma = -\partial T / \partial z$

– вертикальный градиент температуры;  $F_x$  и  $F_y$  – проекции силы турбулентной вязкости на оси  $x$  и  $y$ ;  $E$  – приток тепла к единице массы в единицу времени. В системе (4) примем условие адиабатичности ( $E = 0$ ) и отсутствие влияния вязкости ( $F_x = F_y = 0$ ). В этом случае полученную систему оправданно использовать для вычисления краткосрочных изменений структуры атмосферы. При принятых допущениях система (1) из пяти уравнений содержит пять искомым величин  $u, v, w, \Phi, T$ , что в принципе позволяет рассчитать их значения в любой момент времени в пределах области интегрирования при заданных начальных и граничных условиях. Система (4) включает три прогностических уравнения, содержащих производные по времени, и два диагностических. Диагностические уравнения позволяют по трем спрогнозированным функциям  $u, v, T$  определить две другие функции:  $w$  и  $\Phi$ .

#### *Начальные условия*

Для решения прогностических уравнений требуется значение начальных условий, которые должны представлять собой трехмерные поля трех метеорологических величин  $u, v, T$  или  $u, v, \Phi$ . Восстановление

(построение) поля метеорологического элемента по данным его измерений на нерегулярной сети станций производится методами численного (объективного) анализа. При решении данного вопроса был разработан алгоритм численного анализа данных на базе весовой анизотропной интерполяции. Значение метеоэлемента в интерполируемом узле представляется в виде

$$\varphi_0 = \frac{\sum_{v=1}^m a_v f_v}{\sum_{v=1}^m a_v}, \quad (5)$$

где  $a_v$  – веса, определяемые из решения следующей системы

$$\sum_{k=1}^m a_k r_{kv} = r_{ov}, \quad \text{где } v = (1, \bar{m}), \quad (6)$$

где  $r$  – расстояние.

В случае совпадения узла сетки с местоположением станции наблюдения, вычисляемое значение функции будет равно измеренному. Как и в оптимальной интерполяции, веса учитывают особенности расположения станций между собой и относительного узла.

Вторым этапом численного анализа метеорологических полей является процедура согласования интерполированных значений на основе принимаемых уравнений движения и переноса, которые накладывают определенные ограничения. В этом этапе ограничениями служат уравнения статики и геострофичности, а также уравнения баланса и бездивергентности, а также уравнения неразрывности. Наиболее часто применяемыми методами согласования являются вариационные, постановка задачи при которых сводится к следующему.

Пусть  $\Phi^0, u^0, v^0, T^0$  – исходные поля геопотенциала, горизонтальных составляющих скорости ветра и температуры соответственно, полученные в результате численного анализа. Требуется найти такие функции  $\Phi, u, v, T$ , которые обеспечивают минимум функционала

$$\iiint_G [\alpha_H^2 (\Phi - \Phi^0)^2 + \alpha_V^2 (V - V^0)^2 + \alpha_T^2 (T - T^0)^2] dG \rightarrow 0 \quad (7)$$

и удовлетворяют соотношениям

$$u = -\frac{1}{l} \frac{\partial \Phi}{\partial y}, \quad v = \frac{1}{l} \frac{\partial \Phi}{\partial x}, \quad T = \frac{\partial \Phi}{\partial \xi}, \quad V^2 = u^2 + v^2. \quad (8)$$

Здесь  $z = R \cdot \ln(p/p_0)$ ,  $p_0 = 1000$ гПа;  $R$  – газовая постоянная;  $\alpha_H, \alpha_V, \alpha_T$  – веса, придаваемые информации о геопотенциале, ветре и температуре. Вводятся следующие соотношения

$$q = \alpha_H^2 / \alpha_V^2, \quad \chi = \alpha_H^2 / \alpha_V^2.$$

Так как функционал квадратичный, а наложенные связи линейные, то задача имеет единственное решение. Приемами вариационного исчисления она сводится к решению уравнения для отклонений  $\varphi$  согласованного геопотенциала  $H$  от исходного  $H^0$

$$\Delta\varphi + fl^2\varphi_{\xi\xi} - ql^2\varphi = l(v_x^0 - u_y^0) - \Delta\Phi^0 + fl^2(T_0^2 - H_{\xi\xi}^0). \quad (9)$$

Решение задачи согласования состоит из двух этапов. На первом этапе интегрируется уравнение эллиптического типа, в результате чего определяются  $\varphi$  и согласованный геопотенциал  $\Phi = \Phi^0 + \varphi$ . На втором этапе рассчитываются согласованные компоненты ветра и температуры на основе геострофических соотношений. При интегрировании указанного уравнения применяется экстраполяционный метод Либмана.

#### *Граничные условия*

Граничные условия должны отражать влияние внешней по отношению к области интегрирования среды на исследуемые процессы.

На верхней границе атмосферы, т.е. при  $G = 0$  ( $z \rightarrow \infty$ ) можно воспользоваться условием отсутствия потока массы

$$\rho W|_{z \rightarrow \infty} = 0, \quad (10)$$

где  $W = dz/dt$  – вертикальная скорость в системе  $x$   $y$   $z$   $t$ .

В используемой нами изобарической системе координат для аналога вертикальной скорости  $\omega$  условие на верхней границе атмосферы запишется в виде

$$\omega|_{\xi=0} = 0. \quad (11)$$

На нижней границе атмосферы при отсутствии неровностей будем иметь следующее граничное условие:

$$\frac{\partial\Phi}{\partial t} + u \frac{\partial\Phi}{\partial x} + v \frac{\partial\Phi}{\partial y} - \omega RT = 0 \text{ при } \zeta = 1. \quad (12)$$

При учете неровностей рельефа в постановке нижнего граничного условия возникают дополнительные трудности, т.е. в этом случае уровень  $\zeta = 0$  не совпадает с поверхностью Земли. В этом случае учитываются орграфические вертикальные точки, порождаемые обтеканием рельефа:

$$W_{0p} = u \frac{\partial\Phi_r}{\partial x} + v \frac{\partial\Phi_r}{\partial y}, \quad (13)$$

где  $\Phi_r(x, y)$  – геопотенциал подстилающей поверхности. При этом используется предположение, что к уровню  $\xi = 1$  относятся орографические вертикальные точки. Тогда нижнее граничное условие можно записать в виде

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + u \frac{\partial \Phi}{\partial x} (\Phi - \Phi_r) + v \frac{\partial \Phi}{\partial y} (\Phi - \Phi_r) - \omega RT = 0 \text{ при } \xi = 1. \quad (14)$$

При построении численных моделей атмосферы на ограниченной территории возникает сложная проблема, связанная с постановкой боковых граничных условий. Если боковые условия поставлены неправильно, то на границах и вблизи них возникают фиктивные волны с большой амплитудой, которые могут распространяться внутрь области определения решений и тем самым искажают правильное решение.

Атмосферные процессы на ограниченной территории непосредственно связаны с процессами, происходящими над другими районами. На разделяющей их границе происходят процессы, описываемые уравнениями самой модели. Следовательно, в принципе, можно рассчитывать все зависимые переменные на боковых границах, применяя направленные внутрь области конечные разности по  $x$  и  $y$  таким образом, чтобы для их вычисления требовались сеточные значения функции на границах.

В задачах термодинамики атмосферы учесть на границе стоки и втоки практически невозможно. Потому нами был применен подход с использованием так называемых буферных зон. В пределах буферных зон решается краевая задача для уравнения Лапласа с изменяющимися во времени граничными условиями. Такой способ используется в оперативной модели национального метеорологического центра США.

#### *Процедура интегрирования*

Для численного интегрирования рассматриваемой системы термодинамики атмосферы используется явная конечно-разностная схема на расштанной сетке с дробным шагом по времени. Используя конечно-разностную аппроксимацию производных по времени и начальные сеточные значения  $U_{ijk}^{t_0}$ ,  $V_{ijk}^{t_0}$ ,  $T_{ijk}^{t_0}$  с помощью прогностических уравнений вы-

числяются усредненные по пространству их значения в точках  $i + \frac{1}{2}$ ,

$j + \frac{1}{2}$ ,  $k + \frac{1}{2}$ . На этой базе и соответствующих уравнений могут быть по-

лучены значения на дробном шаге по времени  $n + \frac{1}{2}$ . С помощью уравне-

ний гидростатики и непрерывности определяются значения геопотенциала и вертикальной скорости. Полученные значения могут служить начальными условиями для последующей такой же процедуры и позволяют получить значения для полного шага по времени. Реализация изложенной схемы была выполнена применительно к прогнозу барических поверхностей от 1000 гПа до 100 гПа с шагом 100 гПа. В качестве исходных данных использовались значения  $\Phi$ ,  $U$ ,  $V$ ,  $T$  из синоптических бюллетеней прошлых лет.

Обозначив любую из функций  $u$ ,  $v$  и  $f$  через функцию  $S$ , можем записать в следующие соотношения:

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k} = \frac{1}{4}(S_{i,j,k} + S_{i+1,j,k} + S_{i,j+1,k} + S_{i,j,k+1}) \\ \left(\frac{\partial S}{\partial t}\right)_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k} = \frac{S_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}} - S_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k}}{dt} \\ \left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k} = \frac{S_{i+1,j,k} + S_{i+1,j+1,k} - S_{i,j,k} - S_{i,j+1,k}}{2dx} \\ \left(\frac{\partial S}{\partial y}\right)_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k} = \frac{S_{i+1,j,k} + S_{i+1,j+1,k} - S_{i,j,k} - S_{i,j+1,k}}{2dy} \end{array} \right. \quad (15)$$

Из системы уравнений (4) с помощью соотношений (15) можно получить значения функций  $u$ ,  $v$  и  $f$  для момента времени  $\frac{1}{2} dt$ . Полученные значения функций  $u$ ,  $v$  и  $f$  в промежуточных точках могут быть использованы в качестве начальных условий при определении значений функций в узлах основной сетки  $i, j, k$ . Значения искомых функций в узлах основной сетки на дробном шаге по времени могут определяться в виде следующих выражений:

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{i,j,k+\frac{1}{2}} = \frac{1}{4} \left( S_{i-\frac{1}{2},j-\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}} + S_{i+\frac{1}{2},j-\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}} + S_{i-\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k} + S_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}} \right) \\ \left( \frac{\partial S}{\partial t} \right)_{i,j,k+\frac{1}{2}} = \frac{S_{i,j,k+1} - S_{i,j,k+\frac{1}{2}}}{dt} \\ \left( \frac{\partial S}{\partial x} \right)_{i,j,k+\frac{1}{2}} = \frac{S_{i+\frac{1}{2},j-\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}} + S_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}} - S_{i-\frac{1}{2},j-\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}} - S_{i-\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}}}{2dx} \\ \left( \frac{\partial S}{\partial y} \right)_{i,j,k+\frac{1}{2}} = \frac{S_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}} + S_{i-\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}} - S_{i+\frac{1}{2},j-\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}} - S_{i-\frac{1}{2},j-\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}}}{2dy} \end{array} \right. \quad (16)$$

На основании последних соотношений из системы уравнений (4) могут быть определены значения функций  $u, v, f$  в узлах основной сетки и полном шаге по времени. На каждом шаге по времени рассчитываются внутренние точки рассматриваемой области, поэтому необходимо определять значения искомых функций на границе. Лапласиан функции в конечно-разностной форме записывается в следующем виде:

$$S_{i,j,k} = \frac{1}{4} (S_{i+1,j,k} + S_{i,j+1,k} + S_{i-1,j,k} + S_{i,j-1,k}). \quad (17)$$

Из выражения (17) могут быть определены все граничные точки на каждом шаге по времени. Для практической реализации бралась сетка  $153 \times 83$  точек, положенная на географическую карту территории Республики Казахстан с координатами  $46,49^\circ \dots 87,31^\circ$  в.д.,  $40,51^\circ \dots 55,44^\circ$  с.ш. Результаты расчета приведены на рис. 1 и 2. Численный эксперимент, проведенный на изобарических поверхностях 1000 гПа, 850 гПа, 700 гПа, 500 гПа и 300 гПа, показал, что представленные численные модели могут восстанавливать нестационарные региональные атмосферные процессы для решения различных задач физики атмосферы, метеорологии и экологии.

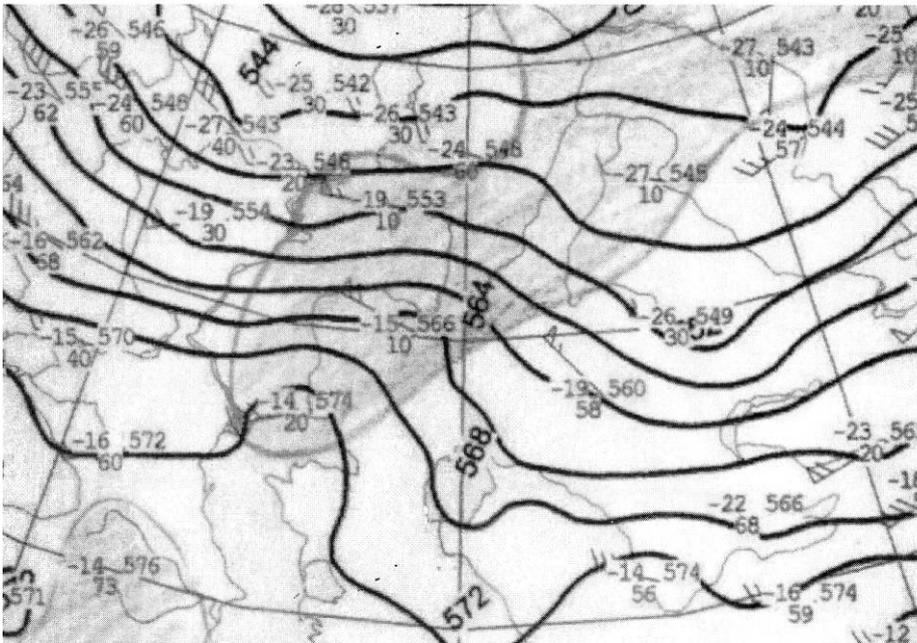


Рис. 1. Карта погоды на территории Казахстана на уровне 500 гПа 6 октября 2001 г.

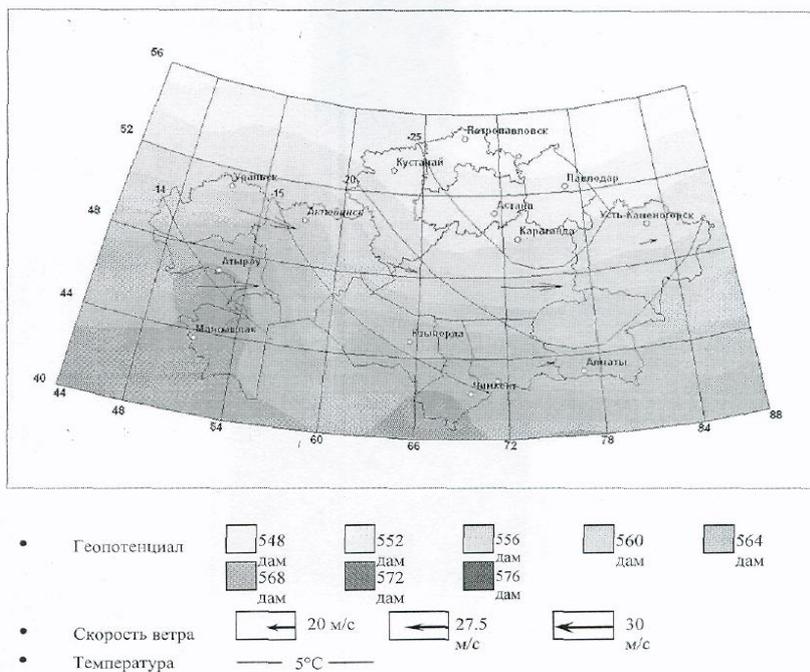


Рис. 2. Расчетный режим на уровне 500 гПа 6 октября 2001 г.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов П.Н. Практические методы численного прогноза погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 335 с.
2. Кибель И.А. Введение в гидродинамические методы краткосрочного процесса погоды. М.: Госиздат, 1957. –375 с.
3. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982. – 320 с.
4. Марчук Г.И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана. Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 303 с.
5. Марчук Г.И. Численные методы в прогнозе погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 356 с.
6. Марчук Г.И., Агошнов В.Н. Введение в проекционно-сеточные методы. М.: Наука, 1981. – 414 с.
7. Марчук Г.И., Дымников В.П. и др. Математическое моделирование общей циркуляции атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1984. –320 с.
8. Монин А.С. Прогноз погоды как задача физики атмосферы. М.: Наука, 1969. – 184 с.
9. Томпсон Ф.Д. Анализ и предсказание погоды численными методами. М.: Изд. иллюстр., 1962. –239 с.
10. Юдин М.И. Новые методы и проблемы краткосрочного прогноза погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 404 с.

Институт космических исследований

### **АЙМАҚТЫҚ АТМОСФЕРАЛЫҚ ПРОЦЕССТЕРДІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ**

Геогр. ғылымд. канд.      А.Х. Ахмеджанов

*Атмосфера физикасында, метеорологияда және экологияда белгілі бір аймақтың үстінде метеорологиялық элементтердің кеңістік бойынша таралуын білу өте маңызды, сондықтан бұл жұмыста аймақтық атмосфералық процесстердің сандық модельдері ұсынылған.*

УДК 551. 583 (574)

**ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА НА  
ПОВТОРЯЕМОСТЬ ОПАСНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЯВЛЕНИЙ В  
КАЗАХСТАНЕ**

Э.П. Кожаметова

*Исследована повторяемость опасных атмосферных явлений (метель, пыльная буря, туман) в Казахстане. Получено, что на фоне глобального потепления климата существенно изменяется и повторяемость атмосферных явлений. При этом за период с 1971 по 2000 год число суток с метелью, пыльной бурей и туманом почти повсеместно имело тенденцию уменьшения. Исключение составляли лишь Приаралье и Южное Прибалхашье, где число суток с пыльной бурей увеличивалось.*

Изменение климата является проблемой международного сообщества и представляет серьезную потенциальную угрозу для окружающей среды земного шара.

В настоящее время получены убедительные доказательства того, что климат на планете меняется. Наиболее интенсивные изменения произошли в последние 15...20 лет, и чем быстрее будут происходить эти изменения, тем значительнее будет влияние климата на окружающую среду, на хозяйственную деятельность и на условия проживания.

Известны часто повторяющиеся случаи гибели людей из-за высокой жары летом, а зимой в связи с резким похолоданием и выпадением большого количества снега (доходящего до южных границ Турции).

Ведущие специалисты в области изменения климата многих стран мира, входящие в состав Межправительственной Группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) подтвердили, что влияние человеческой деятельности на глобальный климат никогда не было столь значительным, как в настоящее время. Согласно докладу МГЭИК за 2001 г. [4] вследствие деятельности человека изменился характер осадков, поднялся уровень моря, и большая часть неполярных ледников стала отступать. Согласно новой оценке МГЭИК потенциал глобального потепления в течение XXI столетия составляет 1,4...5,8 °С.

Анализ данных наблюдений за климатом [1] позволил выявить разнопериодные и разномасштабные изменения показателей климата в республике, в частности, температуры воздуха. Рост средней температуры в регионе составил более 0,15 °C/10 лет, то есть за 100 лет температура воздуха в Казахстане повысилась на 1,5 °C. Это больше чем в два раза оценки повышения глобальной температуры приземного воздуха.

В Казахстане, где преобладает континентальный климат, с резкими изменениями погодных условий, велика зависимость отраслей экономики и населения от климатических условий. Атмосферные явления, особенно опасные и стихийные (метели, пыльные бури, град, гололедно-изморозевые явления, грозы и т.д.) оказывают неблагоприятные воздействия на работу многих отраслей экономики (транспорта, энергетики, сельского хозяйства и т.д.) и на жизнедеятельность людей. Поэтому изучение изменения климатических особенностей атмосферных явлений в Казахстане представляет большой интерес.

Предварительные результаты наших исследований показали, что в Казахстане за последние годы повторяемость атмосферных явлений существенно изменилась. Причем, эти изменения имеют определенную тенденцию. В качестве примера нами рассмотрена повторяемость некоторых атмосферных явлений (метель, пыльная буря, туман) за многолетний период, изучено изменение числа суток с этими явлениями по годам. Результаты показали, что за 30 лет (1971-2000 гг.) число суток с метелью, пыльной бурей и туманом имело тенденцию к уменьшению (рис. 1). Исключение составляло лишь Приаралье и Южное Прибалхашье, где число суток с пыльной бурей увеличилось.

Анализируя данные, приведенные в табл. 1-3 можно заметить, что среднее число суток с рассматриваемыми атмосферными явлениями за периоды 1936-1964 гг. и 1936-1980 гг. почти не отличается или отличается незначительно. Существенное изменение климата характерно для периода 1971-2000 гг. В северной половине Казахстана (табл. 1) зима стала мягче. Наряду с общим повышением температуры воздуха [1] отмечается существенное уменьшение числа суток с метелью. Так, например, если за период 1936-1964 гг. в Северо-Казахстанской области среднее число суток с метелью было 37...46, то за период 1971-2000 гг. климатическая норма уменьшилась до 18...26 дней.

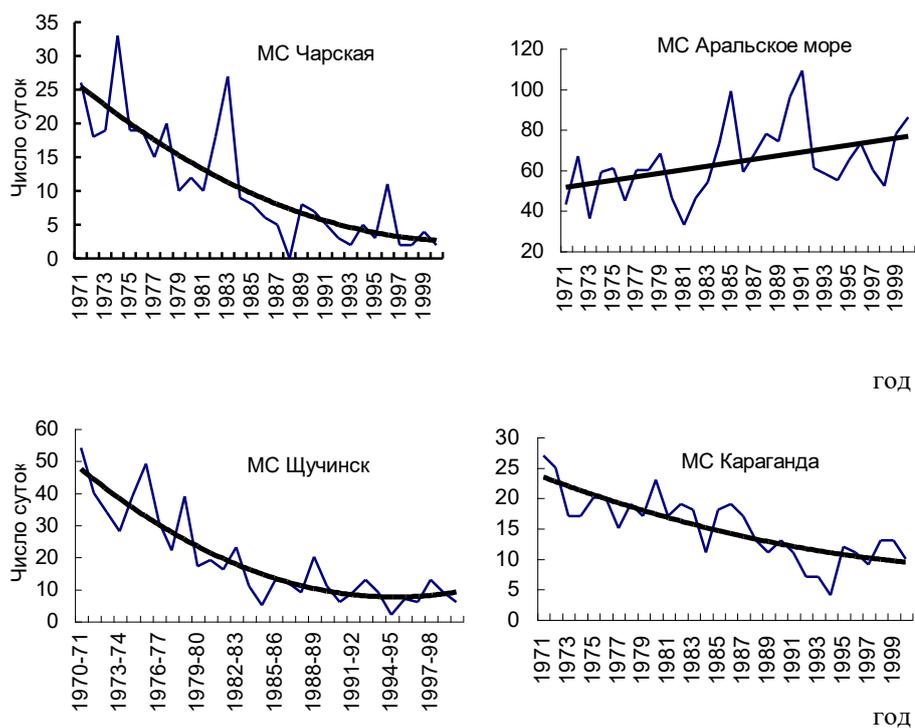


Рис. 1. Изменение числа суток с пыльной бурей (МС Чарская и Аральское море), метелью (МС Щучинск) и туманом (МС Караганда) за период 1971-2000 гг.

Таблица 1

Статистические характеристики числа суток с метелью

Метеостанция	Среднее годовое число суток с метелью			Разность (ст. 4 и 2)	Разность (ст. 4 и 3)
	1936-1964	1936-1980	1971-2000		
Северо-Казахстанская область					
Петропавловск	46	43	26	-20	-17
Явленка	37	36	18	-19	-18
Акмолинская область					
Атбасар	53	48	39	-14	-9
Ерейментау	59		51	-8	
Астана	40	38	26	-14	-12
Щучинск	40	39	19	-21	-20

Метеостанция	Среднее годовое число суток с метелью			Разность (ст. 4 и 2)	Разность (ст. 4 и 3)
	1936-1964	1936-1980	1971-2000		
Костанайская область					
Урицкий	40	37	30	-11	-8
Костанай	32	29	9	-23	-20
Западно-Казахстанская область					
Аксай	34		25	-9	
Чингирлау	16	24	11	-5	-13
Актюбинская область					
Новороссийск	54		41	-13	
Актюбинск	32	34	26	-6	-8
Челкар	30	22	14	-16	-8
Восточно-Казахстанская область					
Семипалатинск	16	18	11	-5	-7
Чарская	15		9	-6	
Жангиз-Тобе	46		23	-23	
Шемонаиха	32	32	22	-10	-10
Чалобай	30	27	18	-12	-9
Павлодарская область					
Щербакты	29		26	-3	
Павлодар	25	24	17	-8	-7
Михайловка	34	28	17	-17	-11
Баянаул	27	27	20	-7	-7
Карагандинская область					
Жанаарка	26		21	-5	
Караганда	34	31	18	-16	-13
Бесоба	31	25	12	-19	-13

Примечание: ст. - столбец

В г. Астане число суток с метелью уменьшилось в 1,5 раза. Повторяемость метелей существенно уменьшилась также в Карагандинской, Костанайской, Акмолинской и Западно-Казахстанской областях.

В табл. 2 приведены данные о числе суток с пыльной бурей по некоторым станциям, расположенным в южной половине Казахстана, где частота пыльных бурь относительно высокая. По данным этой таблицы следует, что изменение климата, обусловленное за глобальным потеплением, повлекло собой и изменение повторяемости пыльных бурь.

Среднее число суток с пыльной бурей за период 1936-1980 гг. по сравнению с периодом 1971-2000 гг. уменьшилось в 1,3...2 раза в Жамбылской и Восточно-Казахстанской областях, в 2,2...3,9 раза в Мангистауской, Южно-Казахстанской и Кызылординской областях. Исключение составили лишь районы Приаралья (МС Аральское море и Уялы), где число суток с пыльной бурей увеличилось в 1,6 раза. Это увеличение связано скорее всего с увеличением площади высохшей части Аральского моря. Кроме того, в Алматинской области в районе Южного Прибалхашья отмечено небольшое увеличение числа суток с пыльной бурей.

Таблица 2

Статистические характеристики числа суток с пыльной бурей

Метеостанция	Среднее годовое число суток с пыльной бурей		Разность (ст. 3 и 2)
	1936-1980 гг.	1971-2000 гг.	
Восточно-Казахстанская область			
Семипалатинск	11,8	8,6	-3,2
Аягуз	8,4	4,3	-4,1
Семиарка	17,2	13,2	-4,0
Мангистауская область			
Сам	10,9	3,7	-7,2
Аккудук	10,8	4,8	-6,0
Кызылординская область			
Аральское море	39,4	64,1	24,7
Уялы	4,3	7,1	2,8
Казалинск	1,8	0,7	-1,1
Чирик-Рабат	14,6	5,5	-9,1
Южно-Казахстанская область			
Тасты	18,3	6,2	-12,1
Туркестан	20,7	5,3	-15,4
Чардара	14,7	6,1	-8,6
Жамбылская область			
Мойынкум	10,6	7,7	-2,9
Уланбель	17,6	8,9	-8,7
Кулан	7,5	5,9	-1,6
Алматинская область			
Чилик	10,4	0,7	-9,7
Куйган	36,8	39,6	2,8
Баканас	55,2	42,6	-12,6
Матай	24	27,9	3,9

Учитывая, что рассмотренные выше атмосферные явления – метели и пыльные бури связаны со скоростью ветра, был проанализирован

также режим ветра. Обработке подвергались данные 34 метеостанций Казахстана за период 1980-2000 гг. Результаты показали, что изменение режима ветра в Казахстане за последние годы имеет преобладающую тенденцию снижения уровня средней скорости ветра за рассматриваемый период. В качестве примера на рис. 2 приведена кривая изменения средней скорости ветра на МС Джамбейты.

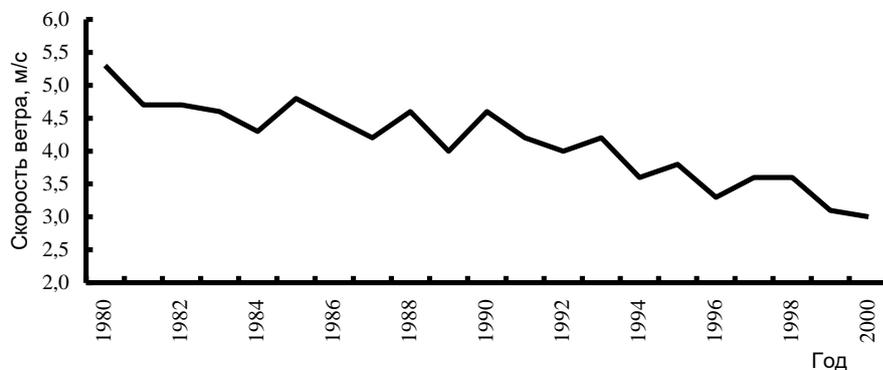


Рис. 2. Изменение средней годовой скорости ветра на МС Джамбейты за период 1980 - 2000 гг.

Потепление климата в Казахстане обусловило и уменьшение повторяемости туманов (табл. 3). Как известно [2], в Казахстане туманы чаще наблюдаются в холодное полугодие. По исследованию казахстанских ученых в последние годы циркуляция атмосферы изменяется [3], и наибольшее повышение температуры воздуха отмечено в холодное полугодие [1]. Эти факторы привели к уменьшению числа суток с туманами по всей территории Казахстана.

Таблица 3

Статистические характеристики числа суток с туманом

Метеостанция	Среднее годовое число суток с туманом			Разность (ст. 5 и 3)	Разность (ст. 5 и 4)
	1936-1964	1936-1980	1971-2000		
Северо-Казахстанская область					
Казахстанская	28	28	20	-8	-8
Явленка	19	18	15	-4	-3
Акмолинская область					
Кокшетау	20	19	10	-10	-9
Астана	38	35	23	-15	-12
Щучинск	38	34	18	-20	-16

Метеостанция	Среднее годовое число суток с туманом			Разность (ст. 5 и 3)	Разность (ст. 5 и 4)
	1936-1964	1936-1980	1971-2000		
Костанайская область					
Урицкий	35	34	24	-11	-10
Костанай	30	30	15	-15	-15
Уральск	38	34	28	-10	-6
Чингирлау	31	30	23	-8	-7
Актюбинская область					
Мугоджарская	68	66	56	-12	-10
Актюбинск	34	32	18	-16	-14
Восточно-Казахстанская область					
Казахстанская	19	17	6	-13	-11
Аягуз	21	21	17	-4	-4
Шемонаиха	16	16	8	-8	-8
Чалобай	11	12	10	-1	-2
Павлодарская область					
Павлодар	27	26	17	-10	-9
Михайловка	25	24	18	-7	-6
Карагандинская область					
Жанаарка	24	23	13	-11	-10
Караганда	37	31	15	-22	-16
Бесоба	11	10	5	-6	-5
Атырауская область					
Атырау	41	40	31	-10	-9
Ганюшкино	43	42	36	-7	-6
Мангистауская область					
Сам	31	29	18	-13	-11
Аккудук	12	11	7	-5	-4
Кызылординская область					
Казалинск	25	25	22	-3	-3
Чирик-Рабат	15	19	13	-2	-6
Южно-Казахстанская область					
Тасты	15	16	9	-6	-7
Туркестан	23	22	17	-6	-5
Кызылкум		20	13		-7
Жамбылская область					
Жамбыл	38	41	33	-5	-8
Уланбель	16	16	16	0	0
Кулан	37	40	37	0	-3
Алматинская область					
Куйган	26	25	19	-7	-6
Баканас	27	28	26	-1	-2
Алматы	56	52	32	-24	-20

Так например, в Павлодарской области климатическая норма за период 1936-1964 гг. была 25...27 суток, то за период 1970-2000 гг. она снизилась до 17...18 суток. Существенное уменьшение числа суток с туманом отмечено также в Акмолинской, Актюбинской, Костанайской, Карагандинской областях и в г. Алматы.

В целом можно отметить, что с глобальным потеплением климата связаны изменения не только температурного режима, но и атмосферных явлений, которые оказывают существенное влияние на экономику и жизнедеятельность людей в Казахстане. Поэтому возникает необходимость продолжения исследований в этом направлении.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгих С.А. О многолетних тенденциях термического режима на территории Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. - 1995.- №3. -С. 68-77.
2. Климат Казахстана / Под ред. Утешева А.С. – Л.: Гидрометеоздат, 1959, - 366 с.
3. Турсунов А.А. От Арала до Лобнора. –Алматы: ТОО «Верена», 2002. - 384 с.
4. Climate Change 2001: The Scientific Basis – Contribution of Working Group I to the IPCC Third Assessment Report, 2001. - 546 p.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби

#### **ӘЛЕМДІК КЛИМАТ ЖЫЛУЫНЫҢ ҚАЗАҚСТАНДА ҚАУІПТІ АТМОСФЕРАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАР БОЛУ ЖИІЛІГІНЕ ӘСЕРІ**

Э.П. Қожахметова

*Мақалада Қазақстанда байқалынатын қауіпті атмосфералық құбылыстар (қар бұрқасыны, шаң бораны) жиілігі зерттелінген. Әлемдік климат жылуына байланыст атмосфералық құбылыстардың болу жиілігі айтарлықтай өзгергені көрсетілген. 1971...2000 жылдар аралығында қар бұрқасыны, шаң бораны және тұман болатын жылдық күн саны жылдан жылға азаюда. Тек, Арал маңында ғана шаң боранының көбеюі байқалында.*

УДК 504.53.062.4

**ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ПРИКАСПИЙСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО РЕГИОНА**

Доктор биол. наук      К.Ш. Фаизов  
Канд. хим. наук        А.С. Топалова  
                                      Г.М. Омарова

*Рассмотрены основные источники, объем, химический состав и последствия загрязнения окружающей среды Прикаспийского региона химическими токсикантами. Установлены высокие объемы загрязнения и их негативные последствия на функционирование почвенно-растительного покрова и состояние воды Каспийского моря.*

Прикаспийский нефтегазовый регион, общей площадью 40 млн. га, расположен в пределах Атырауской, Мангистауской, Западно-Казахстанской и частично Актюбинской областей и включает в себя ландшафты Прикаспийской низменности, равнины Мангышлака, плато Устюрт и Урало-Эмбенской возвышенности. Запасы углеводородного сырья в регионе оцениваются в 12 млрд. т нефти и 6 трлн. м<sup>3</sup> газа, на базе которых действуют 150 нефтегазовых предприятий, перерабатывающие заводы в Атырау, Тенгизе, Жанаозене и Жанажоле. Создан крупный международный нефтегазовый центр на западе Казахстана с разветвленной техногенной инфраструктурой и объемами добычи нефти около 60 млн. т в год и газа 100 млрд. м<sup>3</sup>.

Длительный период разработки нефтегазовых месторождений (100 лет и более), применение на промыслах устаревшей техники и технологического оборудования вызвали разрушение, загрязнение и засоление почвенного покрова на большой площади. Реабилитация нарушенных земель и оздоровление экологической обстановки становится важнейшей народно-хозяйственной задачей.

Осадочный чехол Прикаспийской равнины образован рефейскими породами, перекрытыми аллювиально-морской толщей палеозоя, мезозоя и неоген – четвертичного возраста. Нефтегазовые месторождения образованы в замкнутых лагунах солянокупольных структур. Разрабатываются надсолевые (до 4...5 тыс. м) и под солевые (до 5...6 тыс. м) нефти. В

плиоцене территория испытывает крупное тектоническое погружение, сопровождающееся последовательными стадиями трансгрессии Каспийского моря. За последние 20...30 лет на равнине отмечаются тектонические поднятия амплитудой на севере +0,2...2,0 мм/год, востоке +1,6...3,8, на полуострове Тюркараган до +4,0 мм [2]. Основной водной артерией, обеспечивающей сток химических токсикантов в Каспийское море, является р. Урал. Река ежегодно выносит в море до 3 млн. т взвешенных наносов, в которых содержится 56,7...85,1 мг/дм<sup>3</sup> хлора; 55,2...96,3 сульфатов; 2,4...4,8 нитратов; 0,02...0,03 нефтепродуктов до 0,001 фенола и 0,62...0,94 анионов поверхностно активных веществ (данные за 2003 г.), что значительно превышает ПДК для воды. Каспийское море интенсивно загрязняется промышленно-коммунальными стоками, танкерным флотом, затопленными на побережье нефтяными скважинами (1400 шт.) и поверхностно-подземным стоком токсикантов к базису эрозии с окружающей более высокой поверхности. Ежегодно в море сбрасывается до 150...170 тыс. тонн нефтепродуктов, 1000...1600 т фенола, 20...30 тыс. т различных тяжелых металлов. По данным на апрель 2003 г. в морской воде северного побережья содержалось 598 мг/дм<sup>3</sup> взвешенных наносов, в составе которых 658...1843 хлора, 980...1054 сульфатов, 0,05...0,047 нефтепродуктов, 0,02...0,04 нитритов, 0,7...2,5 нитратов, 0,1...0,5 анионов поверхностно активных веществ. Максимальное загрязнение отмечается на восточном побережье (1,25 мг/дм<sup>3</sup> или 25 ПДК), что крайне негативно сказывается на биопродуктивности моря, где водится 73 вида ценных промысловых рыб. Загрязнение нефтепродуктами и фенолом отмечено так же в подземных водах на большой глубине.

Важное значение в загрязнении окружающей среды Прикаспийского региона принадлежит особенностям климата, отличающегося засушливостью и континентальностью. Благодаря значительной протяженности (1040 км) основные климатообразующие показатели (радиация, циркуляция атмосферы, осадки и др.) формируют ярко выраженную широтную зональность почвенного покрова – от черноземов степей на севере, до бурых и серо-бурых почв пустынь – на юге.

Повышенная скорость ветра во все сезоны года (3,6...5,9 м/с) обеспечивает перенос и переотложение по территории больших объемов химических токсикантов (оксиды азота, углерод, сероводород и др.). Общий объем загрязняющих веществ, по данным Казгидромета, по Атырауской области в 2002 г. составил 112,5 тыс. т, в 2003 – 117,8; по Мангистауской области соот-

ветственно 69,3 и 73,3; Западно-Казахстанской – 66,3 и 58,6 и Актюбинской – 90,9 и 107,5. Наибольшее количество загрязняющих веществ выбрасываемых в атмосферу, находится на предприятиях нефтегазового комплекса, в том числе Тенгизшевройл в 2002 г. – 26,2 тыс. т, в 2003 г.– 30,8; Эмбаунайгаз – 11,1 и 9,7; Актюбемунайгаз – 63,9 и 18,7; Карачаганак – 25,5 и 19,3, Озенмунайгаз – 4,0 и 9,3; Каражанбасмунай 15,9 и 10,9.

Огромное количество (150 млн. м<sup>3</sup>) попутных нефтяных газов ежегодно сжигается в факелах на месторождениях Тенгиз, Прорва, Карачаганак, Жанажол и др. Жители пос. Сарыкамыс вблизи промысла Тенгизшевройл, многие годы задыхаются от выбросов токсичных газов.

Динамику выбросов загрязняющих химических веществ по Атырауской области, по данным территориального Управления охраны окружающей среды, характеризуют данные табл. 1.

Таблица 1

Объем и химический состав выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за 1997-2003 гг., тыс. т.

Год	Всего	В том числе		В том числе из газообразных				
		твердые	газообразные	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	C	Прочие
1997	137,1	4,99	132,11	24,5	9,4	43,98	41,95	17,93
1998	135,0	4,55	130,49	23,99	9,3	43,33	40,33	17,38
1999	180,1	6,12	173,98	31,52	12,1	56,32	55,73	18,5
2000	136,5	4,86	131,64	24,16	9,3	42,5	41,93	13,2
2001	152,0	5,48	146,52	27,1	10,5	46,8	49,9	14,8
2002	112,3	2,28	110,50	21,07	19,1	33,3	32,5	4,3
2003	117,4	2,84	114,56	29,45	15,8	31,6	35,9	1,8

Из всего объема химических загрязнителей, выбрасываемых предприятиями нефтегазового комплекса, более 60...80 % переносится воздушными потоками и атмосферными осадками, поглощаются и трансформируются почвенно-растительным покровом и длительное время удерживаются в биосфере.

Химический состав атмосферных осадков региона характеризуют данные табл. 2. Наибольшее количество токсикантов аккумулируется осадками в теплый период года, в их составе из анионов доминируют хлор-ион и сульфаты, из катионов – кальций и магний. Минерализация осадков возрастает с севера на юг и с востока на запад.

В загрязненных растениях нефтепромыслов установлена высокая степень поглощения и содержание химических токсикантов – марганца,

меди и свинца, особенно в семенах солянки и карагача, а так же в стеблях, ветках и листьях растений (табл. 3).

Таблица 2

Химический состав атмосферных осадков за 2003 г., мг/дм<sup>3</sup>

Период	Количество осадков, мм	Ингредиенты									
		<i>SO<sub>4</sub></i>	<i>NO<sub>3</sub></i>	<i>HCO<sub>3</sub></i>	<i>NH<sub>4</sub></i>	<i>Na</i>	<i>K</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>Cl</i>	<i>PH</i>
г. Атырау											
Теплый	113,5	64,8	1,7	26,5	1,6	18,8	3,6	5,7	32,9	37,6	7,2
Холодный	89,2	43,1	0,8	28,7	1,2	15,6	2,9	5,9	24,5	33,0	7,1
Год	202,7	65,2	1,3	27,4	1,7	21,3	3,4	6,2	33,6	42,4	7,2
г. Актау											
Теплый	95,2	23,3	1,0	13,9	0,9	5,8	3,9	2,4	11,9	11,7	6,9
Холодный	143,1	16,6	0,9	11,9	0,4	5,6	2,9	2,7	8,0	11,2	6,9
Год	238,3	21,3	1,1	12,8	0,6	6,0	3,6	2,5	11,1	13,2	6,9
п. Аксай											
Теплый	281,3	21,5	1,4	10,9	0,6	3,8	1,6	1,1	10,9	7,2	6,9
Холодный	96,8	20,6	1,9	15,3	0,3	6,0	2,8	3,8	8,9	10,5	6,8
Год	379,1	21,2	1,2	12,7	0,6	0,4	1,9	1,7	10,7	8,0	6,8

Загрязняющими химическими веществами сырой нефти являются оксиды углерода и азота, диоксид серы, фенол, аммиак, сероводород и различные минеральные соли, присутствуют также высокотоксичные циклические углеводороды (бензпирен, нафталаны, аценафтены и др.). В процессе геохимической миграции в цепи почва – растение – живые организмы нефтяные токсиканты оказывают ингибирующее влияние на растения, уменьшают зеленую массу, вызывают болезни человека и животных.

Пропитывая толщу почвы у станков-качалок и вдоль трассы нефтегазопроводов, нефтяные углеводороды ведут к трансформации и гудронизации профиля. Формируются своеобразные техногенные солончаки и солончаковые почвы, насыщенные токсикантами и минеральными солями. При этом в гумусовом горизонте аккумулируются в основном высокомолекулярные смолисто-асфальтеновые вещества, в более глубокие горизонты просачиваются растворимые в воде низкомолекулярные элементы. Профиль почвы дифференцируется на сорбционно-гумусовый и сорбционно-иллювиально-аккумулятивный геохимические барьеры.

Таблица 3

Содержание химических токсикантов в растениях на различных нефтяных месторождениях, мг/кг

Растения	Ингредиенты				
	Mg	Zn	Cu	Pb	Co
Тенгиз					
Семена солянки:					
отмытые	60,6	23,4	10,2	–	–
сухие	67,1	18,3	5,2	–	–
Стебли солянки:					
отмытые	37,5	2,7	7,6	–	–
сухие	38,6	8,0	11,1	–	–
Подземные части растений	34,6	33,6	5,8	11,5	6,6
Кульсары					
Сухие ветки карагача	71,8	36,9	41,3	36,9	–
Отмытые листья карагача	53,8	71,8	10,6	18,6	–
Однолетние отмытые побеги карагача	39,6	52,3	6,2	7,7	–
Однолетние побеги карагача	22,5	30,0	5,6	7,5	–
Многолетние отмытые побеги карагача	53,7	19,9	8,8	–	–
Отмытые семена карагача	37,2	63,2	10,4	9,9	–

Буферные свойства почв относительно химических загрязнителей изменяются от степных черноземов южных к бурым и серо-бурым почвам пустынь (табл. 4).

Черноземы южные небольшими массивами распространены в северной части Прикаспийской равнины и характеризуют область формирования геохимического стока, в том числе сельскохозяйственного (пестициды, гербициды, нитраты и др.). Мощность гумусового горизонта почв 40...60 см, содержание гумуса 4...5 %, поглотительная способность 25...30 мг/экв 100 г почвы, насыщена преимущественно кальцием и магнием. Черноземы обладают достаточно высокой экологической устойчивостью. Нуждаются в восполнении плодородия, мероприятиях по сохранению от эрозии и химического загрязнения.

Каштановые почвы (темнокаштановые, каштановые и светлокаштановые) представляют область геохимического стока загрязнителей с очагами нефтехимического загрязнения в районе Карачаганакского и Кенкияк-Жаназолского месторождения.



Таблица 4

## Химические и физико-химические свойства почв Прикаспийского региона

Тип почвы, место отбора	Глубина, см	Гумус, %	Азот валовой, %	Подвижные элементы, мг/100 г почвы			CO <sub>2</sub> , %	pH	Сумма поглощенных оснований, мг/экв.100 г	Сумма солей, %	HCO <sub>3</sub> , %	Cl, %	SO <sub>4</sub> , %	Сумма частиц < 0,01 мм
				NO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O								
Чернозем южный, п. Белоглинка	0...10	4,0	0,19	8,9	7,2	44,2	–	7,1	27,6	0,088	0,480	0,03	0,04	39,0
	20...30	3,8	0,21	6,9	6,1	31,9	1,4	7,9	27,9	0,060	0,530	0,03	0,04	43,0
	40...50	2,5	0,15	–	–	–	3,9	8,0	26,5	0,112	0,580	0,03	0,04	34,0
	60...70	1,6	0,10	–	–	–	5,3	8,7	23,9	0,152	0,980	0,55	0,06	44,0
	80...90	–	–	–	–	–	5,7	8,7	–	0,478	0,440	0,54	0,10	37,0
Темно- каштановая, п. Успенка	0...10	3,6	0,21	9,7	3,5	58,6	–	7,7	27,8	0,051	0,029	0,005	0,003	32,0
	20...30	2,6	0,16	7,8	1,4	23,4	1,4	7,7	27,0	0,061	0,033	0,002	0,011	35,0
	40...50	1,5	0,11	6,1	0,9	18,4	7,0	7,7	22,4	0,087	0,033	0,014	0,015	35,0
	80...90	–	–	–	–	–	7,0	8,8	19,2	0,141	0,074	0,016	0,010	30,0
Каштановая, п. Колыр	0...10	3,1	0,18	7,9	2,8	58,5	–	7,3	29,2	0,026	0,020	Нет	Нет	22,0
	20...30	2,0	0,14	7,0	1,4	20,2	–	7,3	26,9	0,041	0,028	0,001	0,002	26,0
	40...50	1,0	0,08	5,7	0,8	10,6	5,5	8,2	18,1	0,046	0,034	0,001	Нет	22,0
	70...80	–	–	–	–	–	5,7	8,2	–	0,044	0,030	0,033	Нет	–
Светло- каштановая, с. Казахстан	0...8	1,8	0,12	9,7	9,0	32,5	–	6,6	9,3	0,024	0,011	0,006	Нет	14,0
	8...18	1,3	0,10	7,5	5,7	15,6	–	7,3	14,4	0,027	0,010	0,009	Нет	21,0
	25...35	1,0	0,08	9,2	8,9	–	–	7,7	7,8	0,055	0,025	0,014	Нет	31,0
	65...75	–	–	–	–	–	–	–	–	0,051	0,034	0,004	Нет	17,0
Буряя пустынная, с. Калмыково	0...10	1,6	0,12	4,3	6,2	65,2	–	8,2	14,4	0,024	0,017	–	0,001	14,5
	15...25	1,1	0,09	7,3	1,4	70,8	–	8,6	14,1	0,052	0,037	0,002	Нет	26,0
	35...45	0,9	0,08	–	–	–	4,2	8,6	13,3	0,052	0,039	0,001	Нет	33,0
	70...80	–	–	–	–	–	5,8	9,0	–	0,053	0,039	0,136	0,052	35,0
Серо-буряя пустынная, Устюрт	0...4	0,8	0,064	–	4,9	36,0	11,7	8,4	17,5	0,047	0,031	0,002	0,002	45,7
	4...10	0,7	0,052	–	2,5	34,6	12,9	8,2	18,6	0,136	0,028	0,002	0,068	48,0
	13...23	0,5	0,048	–	–	18,6	11,9	8,2	10,9	0,061	0,024	0,006	0,012	47,7

Тип почвы, место отбора	Глубина, см	Гумус, %	Азот валовой, %	Подвижные элементы, мг/100 г почвы			CO <sub>2</sub> , %	pH	Сумма поглощенных оснований, мг/экв.100 г	Сумма солей, %	HCO <sub>3</sub> , %	Cl, %	SO <sub>4</sub> , %	Сумма частиц < 0,01 мм
				NO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O								
	30...40	–	–	–	–	–	–	–	–	1,092	0,017	0,018	0,741	25,2
Солонец пустынный, п. Индер	0...5	1,0	0,056	4,6	4,0	53,4	2,2	8,7	6,2	0,080	0,046	0,004	0,009	7,2
	5...12	0,8	0,046	5,7	1,2	28,5	2,0	8,7	10,7	0,078	0,038	0,010	0,007	13,5
	12...20	0,9	0,053	5,3	7,5	27,7	3,4	8,6	8,5	0,271	0,041	0,125	0,007	26,5
	20...30	1,3	–	–	–	–	6,2	8,5	–	0,721	0,029	0,384	0,042	35,5
	45...55	–	–	–	–	–	4,9	8,6	–	0,763	0,024	0,416	0,042	29,6
	90...100	–	–	–	–	–	–	–	–	1,944	0,026	0,330	0,979	19,4
Солончак, п. Сагиз	0...10	0,5	–	–	–	–	2,0	8,2	–	3,527	0,023	2,101	0,799	8,9
	11...21	1,1	–	–	–	–	4,0	8,2	–	5,046	0,018	2,425	0,816	22,1
	40...50	0,5	–	–	–	–	2,0	8,2	–	2,926	0,027	1,712	0,214	27,9
	70...80	–	–	–	–	–	–	–	–	4,547	0,018	2,189	0,733	20,4

По отношению к черноземам южным каштановые почвы менее плодородные и экологически устойчивые к антропогенным нагрузкам. Мощность гумусового горизонта 35...45 см, содержание гумуса 2...4 %, поглощательная способность 15...30 мг/экв. на 100 г почвы, отличаются повышенной солонцеватостью, карбонатность и комплексностью покрова. В агрохозяйственном отношении каштановые почвы пахотные (темнокаштановые и отчасти каштановые) и пастбищные угодья (светло-кштановые).

Бурые и серо-бурые почвы пустынь занимают свыше 40 % территории Прикаспийского региона, где сосредоточены основные нефтегазодобывающие предприятия Атырауской и Мангистауской областей. Почвы формируются в условиях сильно засушливого климата (осадков менее 200 мм в год), под изреженным покровом солянково-полынной растительности (полынно-биюргуновой и боялышово-биюргуновой), на засоленных (сульфатно-хлоридных) почвообразующих породах (песчано-суглинистых). Биологические процессы имеют ярко выраженный сезонный характер – скоротечный весной, затухающий летом и зимой, отличаются ослабленным разрушением, трансформацией и миграцией по профилю органических соединений, что ослабляет важнейшие экологические функции и устойчивость почв к антропогенным нагрузкам. В условиях прогрессирующего экологического давления и дестабилизации территории широко проявляются эрозия, дефляция, нефтехимическое загрязнение, засоление и осолонцевание почв.

Морфологические-генетические показатели бурых и серо-бурых почв характеризуются мощностью гумусового горизонта 15-30 см, содержат гумуса 0,5...1,5 %, поглощательная способность 10...15 мг/экв. на 100 г почвы, засолением в слое 0,5...1,0 м хлор-ионом и сульфатами. В районах нефтегазовых промыслов почвы сильно техногенно разрушены, замазаны сырой нефтью и мазутом, засолены сточными промышленными водами.

В Прикаспийском регионе во всех природных зонах широко распространены солонцы и солончаки. Образование их связано с засоленными почвообразующими породами, содержащими щелочные соли натрия, и близким залеганием к поверхности минеральных грунтовых вод. Солонцы степные (черноземные, каштановые) характеризуются мощностью гумусового горизонта 35...40 см, содержат 3...6 % гумуса при сумме поглощенных оснований 10...30 мг/экв., в том числе обменного натрия 20...40 %. В пустынных солонцах мощность гумусового горизонта не превышает 15...30 см, количество гумуса 0,5...1,2 %, сумма поглощенных оснований

10...15 мг/экв., в том числе обменного натрия от 20...30 до 40...70 %. Почвы солончаковатые и солончаковые местами с участием соды. Солонцы представляют малопродуктивные пастбища. Хозяйственное освоение их связано с улучшением агрохимических и агрофизических свойств путем глубокой вспашки, внесения химмелиорантов и др.

Солончаки отличаются высоким засолением легкорастворимыми солями всего профиля (сумма солей более 1,0 %). Содержание гумуса 0,5...1,0 %, в луговых солончаках до 2...4 %. По типу засоления сульфатно-хлоридные, хлоридно-сульфатные и сульфатные. Солончаки являются одним из источников засоления окружающей среды путем ветро-солевого выноса.

Другим, не менее важным источником засоления почв на промыслах являются сточные воды, которые используются для поддержания пластового давления. В процессе добычи сырья пластовые воды вместе с сырой нефтью поступают в специальные резервуары отстойники, где после сепарации и обезвоживания нефть поступает в магистральный трубопровод для дальнейшей транспортировки, пластовые воды аккумулируются на полях испарения или, что чаще всего, сбрасываются в понижения рельефа, образуя в поселках обширные токсичные водоемы. Минерализация пластовых вод достигает 150...180 г/дм<sup>3</sup>, с участием в составе хлора, сульфатов, брома, йода и др., являющиеся источником образования техногенных солончаков и солончаковых почв и ветро-солевого выноса. Восстановление продуктивности почв засоленных сточными промышленными водами потребует сложных мелиораций, связанных с промывками, рассолением, внесением удобрений и химмелиорантов.

В загрязненных, засоленных и техногенно разрушенных почвах промыслов изменяются тысячелетием созданные природой морфолого-генетические показатели: содержание и состав гумуса, азота, фосфора, поглощательная способность, биологические и водно-физические свойства. Создаются неблагоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов и почвенных животных. В нефтезагрязненных почвах почвах накапливаются и длительное время удерживаются в профиле токсичные меркаптаны, бензпирен, фенол, сера, легкорастворимые соли и др. Полученные данные устанавливают повышенное количество свинца, кобальта, ванадия, никеля и др., уменьшение в почвах содержания меди, цинка, кадмия (табл. 5).

В прибрежной зоне Каспийского моря, дельте р. Урал, районах залива Мертвый Култук и полуострова Бузачи отмечены повышенное количество бора, связанного с щелочными и засоленными морскими осадками, что

изменяет баланс макро- и микроэлементов в почвах, нарушает кислотно-восстановительные процессы в растениях, неблагоприятно сказывается на состоянии живых организмов, вызывает борный токсикоз и различные эндемические заболевания (борный энтерит).

Таблица 5

Содержание валовых (числитель) и подвижных (знаменатель) форм микроэлементов в нефтезагрязненных почвах, мг/кг

Тип почв, место отбора	Глубина, см	Ингредиент			
		Zn	Cu	Pb	Cd
Светло-каштановая, Кенкияк	0...10	$\frac{-}{0,9}$	$\frac{-}{0,5}$	$\frac{-}{3,0}$	$\frac{-}{0,1}$
	30...40	$\frac{-}{0,7}$	$\frac{-}{0,3}$	$\frac{-}{3,0}$	$\frac{-}{0,1}$
	60...70	$\frac{-}{0,5}$	$\frac{-}{0,5}$	$\frac{-}{3,5}$	$\frac{-}{0,1}$
Бурая пустынная, Макад	0...6	$\frac{36,0}{-}$	$\frac{16,0}{-}$	$\frac{11,2}{-}$	$\frac{0,4}{-}$
	10...20	$\frac{41,2}{-}$	$\frac{20,2}{-}$	$\frac{12,0}{-}$	$\frac{0,4}{-}$
	40...50	$\frac{41,6}{-}$	$\frac{20,2}{-}$	$\frac{12,0}{-}$	$\frac{0,4}{-}$
Серо-бурая пустынная, Озен	0...10	$\frac{64,0}{-}$	$\frac{20,0}{-}$	$\frac{28,0}{-}$	$\frac{1,0}{-}$
	20...30	$\frac{44,0}{-}$	$\frac{18,0}{-}$	$\frac{26,0}{-}$	$\frac{1,2}{-}$
	50...60	$\frac{36,0}{-}$	$\frac{16,0}{-}$	$\frac{32,0}{-}$	$\frac{1,2}{-}$
Солонец, Сагиз	0...2	$\frac{49,2}{1,6}$	$\frac{14,4}{1,9}$	$\frac{48,0}{14,0}$	$\frac{2,0}{0,6}$
	2...10	$\frac{48,0}{0,9}$	$\frac{14,4}{1,5}$	$\frac{40,0}{12,0}$	$\frac{2,0}{0,3}$
	30...40	$\frac{57,6}{1,6}$	$\frac{16,0}{1,9}$	$\frac{19,0}{16,0}$	$\frac{2,0}{0,7}$
Солончак, Каратон	0...10	$\frac{31,2}{1,0}$	$\frac{8,8}{1,9}$	$\frac{16,0}{11,0}$	$\frac{2,0}{0,6}$
	30...40	$\frac{25,6}{7,6}$	$\frac{7,6}{2,1}$	$\frac{28,0}{9,0}$	$\frac{2,0}{0,3}$

Реабилитация загрязненных почв находится в прямой связи и зависимости от источника, объема, химического состава и класса токсичности, поэтому должна быть направлена в первую очередь на снижение их количества и степени токсичности. Применяемые на промыслах механические способы очистки нефтезагрязненной поверхности у скважин и «амбарах» путем сгребания бульдозером замазученной массы и вывоз ее на полигон – мероприятие малоэффективное, ведет к полному уничтожению почвенного покрова – основы функционирования биоценоза. Для этого перспективными являются микробиологические и агрофитомелиоративные приемы реабилитации почв на фоне полива, использования адаптированных к местным условиям нефтewыносливых растений и качественных сорбентов нефти.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. – М: Наука, 1990. – 261 с.
2. Нурмамбетов Э.И., Акиянова Ф.Ж. Современное рельефообразование на побережье и шельфе Каспийского моря. (Казахстанский сектор) // В сб. «Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан», Алматы, 1998. – С. 338-343.
3. Фаизов К.Ш. Экология Мынгышлак-Прикаспийского нефтегазового региона. – Алматы, 2003. – 238 с.

Институт почвоведения

#### **КАСПИЙ МАҢЫНДАҒЫ МҰНАЙ ГАЗ АЙМАҒЫ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ЛАСТАНУ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

Биол. ғылымд. докт.	К.Ш. Фаизов
Хим. ғылымд. канд.	А.С. Топалова
	Г.М. Омарова

*Каспий маңы қоршаған ортасының химиялық токсиканттармен ластануы, оның негізгі көздері, көлемі, химиялық құрамы және ластану салдары қарастырылған. Ластанудың жоғарғы көлемі, Каспий теңізіндегі топырақ-өсімдік жамылғысына және судың құрамына кері әсері анықталған.*

УДК 551.48.215.1: 502.747: 639.2.03

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ СОКРАЩЕНИЯ И  
ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА РЕКИ ЧЕРНЫЙ ИРТЫШ  
ДЛЯ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕГИОНА**

Е.В. Куликова

Е.В. Куликов

*На основе данных по гидрологическому режиму Бухтарминского водохранилища и реки Черный Иртыш, сведений о водозаборе из Черного Иртыша на территории КНР, непосредственных наблюдений за воспроизводством рыб в р. Черный Иртыш в статье рассматриваются последствия для рыбного хозяйства региона при увеличении отъема стока реки в КНР. Делается вывод о катастрофических последствиях для биоценозов при водозаборе 3 км<sup>3</sup>/год и равномерном заборе воды в течение года.*

Существует три подхода к проблеме оценки водных ресурсов и их прогноза на будущее:

– принятие концепции стационарности стока (равновероятно повторение любых ситуаций, наблюдаемых в прошлом, прогноз стока дается на основе всех наблюдаемых данных);

– признание необратимости произошедших существенных климатических изменений (прогноз стока дается на основе наблюдаемых данных только за последние десятилетия или с момента заметных изменений климата и стока);

– принятие нестационарности климата, а отсюда и стока (водные ресурсы будущего считаются измененными, прогноз стока дается на основе преобладающих тенденций на настоящий момент) [3].

Для оценки возможных изменений в естественной водности рек Казахстана наиболее вероятен второй вариант, который учитывает глобальное потепление климата и сокращение водного стока в будущем на 10...20 % от наблюдавшегося в XX столетии.

По данным исследователей НИИ проблем экологии, в многолетнем ходе стока Иртыша всего два периода: многоводный – до 1973 г. и мало-водный – с 1974 г. Начиная с 1974 г., норма годового стока Черного Ир-

тыша уменьшилась с 300 м<sup>3</sup>/с (повсеместно принятая) до 265 м<sup>3</sup>/с, т. е. «естественный» сток реки уменьшился на 11 % [3]. Это произошло в результате глобальных климатических изменений, имеющих антропогенный характер, и совершенно независимо от забора части стока в КНР. Таким образом, можно сказать, что в водообеспеченности бассейна Иртыша с 70-х годов прошлого столетия началась новая фаза стока.

Маловодный период реки Черный Иртыш продолжался с 1974 по 1992 год, среднегодовой расход воды за этот период составил 260 м<sup>3</sup>/с (на 15,4 % ниже нормы) [2].

В настоящее время Восточный Казахстан, наиболее промышленно развитый регион республики, не испытывает дефицита водных ресурсов, и даже частично снабжает ими Центральный Казахстан. Ситуация с водными ресурсами неизбежно ухудшится при увеличении водозабора в Китае. Осуществление КНР решений об экономическом развитии западных районов, освоении Карамайского нефтяного месторождения практически возможно лишь с использованием вод Черного Иртыша, т.е. предполагаемый водозабор на эти нужды будет новым, дополнительным к уже существующему. По имеющимся неофициальным данным на р. Черный Иртыш, в 250 км выше границы РК, в КНР в 1999 г. построена глухая плотина, создано водохранилище, из которого с помощью водозаборного сооружения обеспечивается подача воды в канал Иртыш-Карамай. Водопропускная способность канала 68 м<sup>3</sup>/с, а это значит, что максимально через канал за год может пройти 2,1 км<sup>3</sup> воды. На настоящий момент неизвестно, какой объем воды дополнительно забирается КНР. Сейчас забор иртышской воды китайской стороной компенсируется тем, что Казахстан после развала ирригационной системы перестал забирать на эти нужды до 1,5 км<sup>3</sup>/год (данные Иртышского БВУ).

В связи со строительством канала на территории КНР, перед рыбным хозяйством в Верхне-Иртышском бассейне, а особенно в Бухтарминском водохранилище, встала новая проблема: снижение водности за счет искусственного уменьшения стока р. Черный Иртыш, и угроза исчезновения богатейших нерестилищ в дельте реки. Общая площадь дельты, по нашей оценке, составляет 625 км<sup>2</sup>, из них нижняя часть дельты (затопляемая при НПП) – 535 км<sup>2</sup>, верхняя (затопляемая весной за счет водности реки) – 90 км<sup>2</sup>. Приблизительно, 415 км<sup>2</sup> общей площади дельты составляют нерестилища. В многоводные годы дополнительный отбор воды в КНР не скажется на площади нерестилищ. В маловодные годы безвоз-

вратный отбор приведет к сокращению площади нерестилищ в верхней части дельты и среднем течении не менее, чем на 50...70 км<sup>2</sup>. При заборе КНР дополнительно 2,1 км<sup>3</sup>, потери нерестилищ составят около 120...150 км<sup>2</sup> (30...35 % площади нерестилищ в дельте).

Наиболее продуктивной и значимой для рыбного хозяйства частью Бухтарминского водохранилища является озерная часть, или озеро Зайсан, вошедшее в состав водохранилища. Поскольку озеро Зайсан не является конечным водоемом бассейна, впрочем, как и все Бухтарминское водохранилище, делать расчеты уменьшения площади озера и водохранилища при увеличении изъятия воды из Черного Иртыша (как это сделано для Балхаша, Арала) было бы необоснованно. От границы с КНР и до г. Семипалатинска Иртыш принимает большое количество притоков, наиболее многоводные из них – правобережные (Бухтарма, Уба, Ульба). Среднегодовой сток р. Бухтарма составляет 243 м<sup>3</sup>/с, Убы – 170 м<sup>3</sup>/с, Ульбы – 98 м<sup>3</sup>/с [3]. Приток в Бухтарминское водохранилище на 80 % определяется суммой расходов воды рек Черный Иртыш и Бухтарма, на 20 % стоком остальных притоков (Кальджир, Кокпекты, Курчум, Нарым) [3]. В средне- и многоводные годы изъятие стока Черного Иртыша может быть компенсировано стоком этих рек (вода в водохранилище пойдет «вспять»). При разумном расходе воды потери до 1 км<sup>3</sup> можно компенсировать. Пострадает только верхняя часть дельты и среднее течение Иртыша в пределах РК. Что касается самого Бухтарминского водохранилища, то нами проведены расчеты уменьшения его параметров при отъеме 1 км<sup>3</sup> и 3 км<sup>3</sup> в разные по водности годы.

В многоводный год (отметка уровня 401 мТП) отъем 1 км<sup>3</sup> воды приведет к уменьшению уровня на 20 см, площади на 55 км<sup>2</sup> (общая площадь водохранилища при такой отметке более 5 000 км<sup>2</sup>). Отъем 3 км<sup>3</sup> – уменьшение уровня на 60 см, площади – на 169 км<sup>2</sup>. Такой объем изъятия не приведет к существенным последствиям для рыбного хозяйства.

В год среднего наполнения (отметка уровня 398 мТП) отъем 1 км<sup>3</sup> воды приведет к уменьшению уровня на 25 см, площади на 83 км<sup>2</sup> (общая площадь 4 300 км<sup>2</sup>). Отъем 3 км<sup>3</sup> – уменьшение уровня на 72 см, площади – на 253 км<sup>2</sup>. Отъем 3 км<sup>3</sup> будет существенно сказываться на воспроизводстве рыб.

В маловодный год (отметка уровня 395 мТП) отъем 1 км<sup>3</sup> воды приведет к уменьшению уровня на 32 см, площади на 170 км<sup>2</sup> (общая площадь 3 000 км<sup>2</sup> и меньше), в таких границах нерестилищ уже почти нет.

Отъем  $3 \text{ км}^3$  – водохранилище перестает существовать, разбивается на два водоема – Зайсан и речную часть. При отъеме  $1 \text{ км}^3$  рыбное хозяйство будет нести существенные потери, отъем  $3 \text{ км}^3$  будет иметь катастрофические последствия для биоценозов.

Отсюда следует, что снижение отметки уровня в Бухтарминском водохранилище ниже 398 мТП нельзя допускать [1].

В последние два десятилетия, в связи с уменьшением нормы стока как р.Черный Иртыш, так и всех остальных притоков, впадающих в Бухтарминское водохранилище, снизился суммарный приток в водохранилище примерно на  $50 \text{ м}^3/\text{с}$ . Состояние гидрологической науки в настоящее время таково, что она не позволяет дать надежного долгосрочного прогноза водности рек, поэтому в ближайшее десятилетие равновероятно как примерное сохранение водных ресурсов в регионе на современном уровне, так и их уменьшение на  $5...10 \%$  [2].

Согласно «Правил использования водных ресурсов Верхне-Иртышского каскада водохранилищ» [4], ожидаемый забор воды в КНР из Черного Иртыша составит  $0,375 \text{ км}^3$  в 2005 году и  $0,75 \text{ км}^3$  в 2010 г. Скорее всего, эти цифры занижены. Китайская сторона, говоря о заборе определенного процента воды из Черного Иртыша, имеет в виду норму расхода  $300 \text{ м}^3/\text{с}$ , но в настоящее время нужно исходить из нормы  $265 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Важным вопросом также является отбор стока в течение года. Режим работы канала Иртыш-Карамай неизвестен, поскольку он не оросительного назначения (или не полностью оросительного), отъемы воды возможны в течение всего года. Скорее всего они будут производиться равномерно по месяцам года. Разница в объемах стока Черного Иртыша в мало- и многоводные годы составляет до  $6 \text{ км}^3$  стока, приток в многоводные превышает таковой в маловодные в 2 раза. При этом показатели стока с октября по март почти не отличаются в разные по водности годы, с апреля по сентябрь – сильно отличаются (в  $2...3$  раза). Независимо от водности года, за период паводка (май-июнь) по реке проходит  $48...53 \%$  годового стока, т.е. около половины. Пик паводка может приходиться как на май (2004 г.), так и на июнь (2002-2003 гг.). Если существующее отнятие стока в объеме  $1 \text{ км}^3$  в год равномерно распределить по месяцам, то забор  $0,1 \text{ км}^3$  ежемесячно весной практически не скажется на эффективности воспроизводства рыб, но такое же количество зимой приведет к серьезным последствиям для биоценозов реки.

Забор воды сопредельной стороной должен учитывать водный режим реки в течение года. Необходимо, чтобы уровень воды в реке у п. Бурган в период с 1 мая по 31 мая был выше отметки 400 см над нулем поста (залитие нерестилищ), а в зимние месяцы был обеспечен минимально необходимый уровень для функционирования биоты. По расчетам специалистов-гидрологов [2], для сохранения стока Черного Иртыша водозабор в КНР не должен превышать 1 км<sup>3</sup>.

Учитывая, что водозабор будет осуществляться в канал Иртыш-Карамай из водохранилища, расположенного в 250 км от наших границ, а основной паводок формируется ниже по течению, забор в мае - июне 0,2 и даже 0,4 км<sup>3</sup> воды практически не скажется на воспроизводстве рыб. Сокращение на такой же объем количества воды в реке в летне-осенние месяцы приведет к исчезновению нагульных площадей для взрослых рыб и молоди, и более раннему их скату на нагул в Зайсан. В Бухтарминском водохранилище отнятие 1...2 км<sup>3</sup> воды может быть компенсировано ее разумным расходом и мерами по рациональному использованию рыбных запасов. Серьезные и даже катастрофические проблемы для экономики, в т. ч. для рыбного хозяйства региона вызовет объем водозабора на территории КНР в 3 км<sup>3</sup> в год и более, учитывая неизбежные периоды естественного маловодья в чередке лет.

Из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- в маловодные годы забор воды в объеме 3 км<sup>3</sup> и более окажется катастрофическим для рыбного хозяйства, необходимо накапливать воду в Бухтарминском водохранилище в ожидании такого периода;
- равномерный забор из Черного Иртыша в объеме свыше 1 км<sup>3</sup> в год будет иметь серьезные последствия для рыбного населения самой реки Ч.Иртыш, поскольку половину года река будет пересохшей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ гидрологического режима трансграничных водотоков и определение его влияния на формирование биоресурсов Раздел: Верхне-Иртышский бассейн: Отчет о НИР /Алтайский филиал НПЦ рыбного хозяйства. – Усть-Каменогорск, 2005. – 72 с.
2. Гидрологические основы межгосударственного использования и охраны вод трансграничного бассейна реки Иртыш: Отчет о НИР (закл.) /НИИ проблем экологии. – Алматы, 2002. – 191 с.

3. Гидрологические основы межгосударственного использования и охраны вод трансграничного бассейна реки Иртыш: Отчет о НИР (промеж.) /НИИ проблем экологии. – Алматы, 2000. – 68 с.
4. Правила использования водных ресурсов Верхне-Иртышского каскада водохранилищ: Утв. Пред. Ком. по вод. рес. Мин. ПриООС РК. – Алматы, 2002. – 60 с.

РГП «Научно-производственный центр рыбного хозяйства» Алтайский филиал

**АЙМАҚТЫҢ БАЛЫҚ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ҮШІН ҚАРА ЕРТІС  
ӨЗЕНІ АҒЫНЫНЫҢ ҚАЙТА БӨЛІНУІН ЖӘНЕ ОНЫ  
ҚЫСҚАРТУДЫҢ МҮМКІНШІЛІК САЛАДАРЫН ТАЛДАУ**

Е.В. Куликова

Е.В. Куликов

*Мақалада Бұқтырма су қоймасы мен Қара Ертіс өзенінің гидрологиялық тәртібі бойынша алынған мәліметтер негізінде, ҚХР территориясына қарай Қара Ертістен су бөгенінің мәліметтері бойынша, сонымен бірге Қара Ертіс өзенінде балықты ұдайы өндіруді тікелей бақылау нәтижесінде аймақтың балық шаруашылығы үшін ҚХР-да өзен ағынының айырылуы көбейген кезде оның салдары қарастырылады. 3 км<sup>3</sup>/жыл су бөгені және жыл бойына суды біркелкі бөгеу жағдайында биоценоздар үшін апатты салдар туралы қорытынды келтірілген.*

УДК 551.311.8:551.583(235.216):627.141.1

## КОНЦЕПЦИЯ ЗАЩИТЫ ОТ СЕЛЕЙ Г. АЛМАТЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Доктор геогр. наук Б.С. Степанов

Канд. геогр. наук Р.К. Яфязова

*Изменение климата Казахстана, вызванное глобальным потеплением, приведет к увеличению селевой активности на северном склоне Заилийского Алатау и прилегающей к нему территории. Реализуемая в настоящее время стратегия защиты от селей не обеспечит устойчивого развития страны. Она должна пересматриваться адекватно возникающим угрозам.*

Защита населенных пунктов и объектов хозяйственной деятельности от селей на территории Республики Казахстан осуществляется на базе научных представлений, господствовавших во второй трети прошлого столетия, впервые разработанных норм и правил проектирования противоселевых защитных сооружений, социально-экономического положения в стране. За последнюю четверть прошлого века в этой базе, за исключением, пожалуй, норм и правил строительного проектирования, произошли коренные изменения. Это обстоятельство обусловило необходимость оценки современного состояния и перспектив противоселевой защиты региона, так как последствия катастроф селевого генезиса могут оказать крайне негативное влияние на развитие страны.

Стратегия защиты от селей в современных экономических условиях базируется, как правило, на результатах сравнения потенциального ущерба, который может быть нанесен селями, со стоимостью противоселевых мероприятий. Необходимо также принимать во внимание и другие природные угрозы (например, землетрясения), а также экологические, военно-политические и другие факторы. При разработке стратегии учитывается и возможное значительное изменение во времени стоимости недвижимости и земельных участков. Так, за период 2000-2005 гг. стоимость жилья и земли в г. Алматы возросла более чем на порядок.

Катастрофические сели, зарождающиеся в высокогорной зоне, наносят ущерб объектам, расположенным в долинах и на конусах выноса

горных рек, поэтому для каждого селевого бассейна должна разрабатываться индивидуальная стратегия защиты. В ситуациях, когда конусы выноса смежных бассейнов сливаются, разрабатывается стратегия, обеспечивающая защиту всего комплекса объектов возможного поражения. Последняя ситуация относится к г. Алматы, расположенному на конусах выноса рек Большая и Малая Алматинки и имеющих площадь взаимного перекрытия более 30 %.

К настоящему времени общепринятых методов борьбы с селевыми явлениями, прошедших проверку временем, не существует. Достоверно лишь установлено, что мероприятия фитомелиоративного и гидротехнического характера не обеспечивают полной ликвидации причин формирования селей, в связи с чем строительство селеуловителей (селехранилищ) в горных долинах остается необходимым элементом обеспечения безопасности. Однако сооружение селехранилищ приемлемо лишь при высокой эффективности превентивных мероприятий, редкой повторяемости катастрофических селей и высокой стоимости защищаемых объектов.

Если уровень урбанизации конуса выноса невелик, а стоимость превентивных мероприятий значительно превышает таковую защищаемых объектов и стоимость земель, изымаемых с целью обеспечения безопасности, целесообразен пропуск селей через защищаемую территорию, либо использование части конуса для отложения селей в пределах последней, а также за счет увеличения размеров конуса на прилегающей равнине.

К мерам превентивного характера, призванным предотвратить или уменьшить ущерб, наносимый селями, относятся:

- предупреждение зарождения и развития котловин, заполнение которых может привести к их неконтролируемому опорожнению;
- опорожнение селеопасных ледниковых и моренных озер;
- мелиорация стартовых зон селей дождевого генезиса;
- фитомелиорация в средне- и низкогорной зонах;
- террасирование склонов в низкогорной зоне и т.д.;
- создание емкостей для задержания селей и паводков, формирующихся в результате прорыва поверхностных и подземных водоемов моренно-ледниковых комплексов или выпадения ливневых осадков в виде дождей выше основных очагов селеформирования.

Ниже описана предлагаемая нами концепция защиты г. Алматы в условиях современного климата и прогнозируемого потепления.

Город Алматы – южная столица Казахстана, является самым крупным финансовым, промышленным, научным и культурным центром страны. Численность городского населения быстро увеличивается, приближаясь к 1,5 млн. человек. Стоимость недвижимости, которая не может быть, в случае необходимости, передислоцирована на другую территорию, составляет 15...30 млрд. USD. Переселение населения города на другую, более безопасную территорию, потребует затрат в пределах 25...50 млрд. USD. Таким образом, суммарные потери, вызванные передислокацией г. Алматы составят 40...80 млрд. USD.

Город расположен на двух конусах выноса, на которые в период ринс-вюрмского межледниковья (135...130 тыс. лет назад, когда температура воздуха превышала современное значение на 2...3 °C) селями было вынесено около 3 млрд. м<sup>3</sup> наносов за несколько десятков лет. Объем наносов, который накопился в высокогорной зоне бассейнов рек Малая и Большая Алматинки в период вюрмского оледенения и может быть вынесен на территорию, занимаемую г. Алматы, за 25...100 лет, по нашим оценкам, составляет 1,5...2 млрд. м<sup>3</sup>. Для задержания таких объемов селевой массы потребовалось бы соорудить 150...200 плотин, подобных плотине в Медеу, однако их негде строить. Альтернативой строительству плотин может быть расчистка селехранилищ после прохождения селей. Даже если принять стоимость экскавации и перевозки селевой массы из селехранилищ к местам складирования близкой к 3...5 USD/м<sup>3</sup>, нетрудно подсчитать, что очистка селехранилищ от наносов, даже только из экономических соображений, более предпочтительна, нежели передислокация города.

Такая стратегия не обеспечивает надежной защиты восточной половины города от селей, формирующихся в бассейне р. Малой Алматинки, при наличии плотины только в урочище Медеу, так как возможно повторение катастрофического селя в течение одного селеопасного периода. Необходимо сооружение второй плотины. Она должна располагаться ниже устья р. Бедельбай (рис. 1).

Более точно местоположение плотины определится в ходе проведения технико-экономического обоснования строительства селезащитного комплекса. Плотина будет основной и работающей в паре с плотиной в Медеу. Материалом для отсыпки плотины могут служить наносы, накопившиеся в долине между створами этих плотин. Образовавшийся котлован увеличит емкость селехранилища.

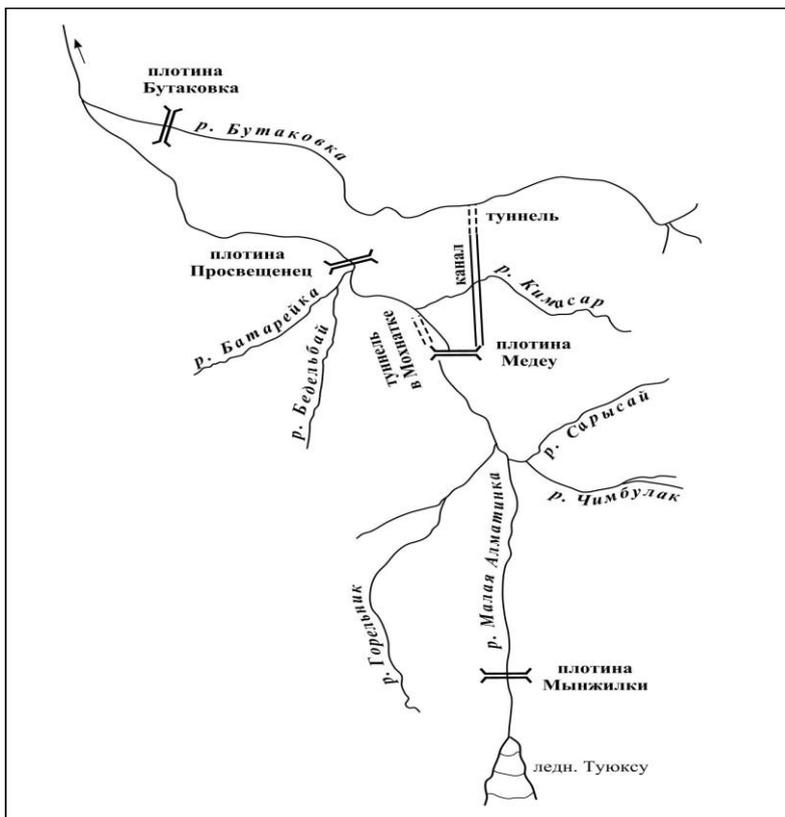


Рис. 1. Схема расположения существующих и предлагаемых селезащитных сооружений в бассейне р. Малая Алматинка.

Для пропуска селей из селехранилища, расположенного в урочище Медеу, в селехранилище, образуемое ниже расположенной плотиной, необходимо соорудить туннель в горе Мохнатке. Туннель должен иметь затвор, перекрывающий проход селей в основное селехранилище, тем самым плотина в Медеу будет подстраховывать его в период очистки. Продукты очистки предлагается складировать в долине р. Бутаковки, что предотвратит выход селей, формирующихся в долине р. Бутаковки, в долину р. Малой Алматинки.

Предлагаемая схема защиты нейтрализует негативное воздействие селей, формирующихся выше Ворот Туюксу, Чертовом ущелье, очагах Чимбулака, бассейне р. Горельник, а также исключит необходимость проведения работ по сооружению плотины или стабилизации селевых русел в бассейнах рек Кимасар, Бедельбай и Батарейка.

Вторая предлагаемая нами схема предусматривает сооружение канала и туннеля для сброса селей, пропускаемых через плотину Медеу, в долину в. Бутаковка, где и будет осуществляться складирование селевой массы. Преимуществом данной схемы является исключение затрат на расчистку селехранилища в урочище Медеу. Если учесть, что стоимость расчистки селехранилища составит в 21 веке 2...3 млрд. USD, второй вариант, требующий больших начальных капиталовложений, может оказаться более предпочтительным.

Обращаясь к истории строительства и эксплуатации плотины в урочище Медеу, следует признать, что выбор места ее возведения, по современным представлениям, был крайне неудачным. Поскольку считалось, что катастрофические сели – явление крайне редкое (при проектировании принималось, что осадки, подобные выпавшим в 1921 г. и приведшим к катастрофе в г. Верном, образуются один раз в 10 000 лет), проект не отвечал на вопрос: что делать после заполнения селехранилища? Плотина была возведена в самой верхней части участка долины р. Малой Алматинки, благоприятного для создания селехранилища. Выше по течению реки уклон долины резко увеличивается и строить там плотины нерентабельно.

В 1973 г. плотина спасла г. Алматы от разрушения, но селехранилище оказалось заполненным до уровня, не обеспечивающего надежную защиту города от последующего селя, в неотвратимости которого уже никто не сомневался. В спешном порядке плотину нарастили, и сейчас она способна задержать селя объемом до 12,6 млн. м<sup>3</sup>. Не исключено, что это произойдет в ближайшие годы. Что же дальше? Снова наращивать плотину и удастся ли это сделать своевременно? Ведь наращивание занимает несколько лет. Заполнившееся селехранилище представляет собой потенциальный очаг селеформирования, искусственно приближенный к защищаемому объекту. Наращивание высоты плотины осуществляется путем отсыпки грунта на селевые отложения предшествовавшего селя, которые сохраняют аномальное увлажнение десятки лет и могут быть разжижены относительно небольшим землетрясением. На такие статические нагрузки предшествовавшие плотины не рассчитывались. Следовательно, нельзя исключить возможность сдвига плотины и формирования оползня (селя), последствия которого для г. Алматы будут катастрофическими. Если же учесть, что потенциал селеформирования в бассейне р. Малой Алматинки в нашем столетии близок к 500 млн. м<sup>3</sup>, стратегия защиты путем наращивания высоты плотины в урочище Медеу не может быть признана прием-

лемой. Нельзя допустить и перелива селя через гребень плотины, так как это неминуемо приведет к ее разрушению и вовлечению в селевой процесс всей массы, накопившейся ранее в селехранилище.

Реальными выходами из создавшейся ситуации представляются:

- возведение плотины в районе бывшего дома отдыха «Просвещенец» и сброс, в образуемое им селехранилище, селей через туннель в горе Мохнатке;
- сооружение, как минимум, двух быстротоков (что обеспечит возможность их поочередного ремонта) для сброса селей в селехранилище, образуемое плотиной в Просвещенце;
- сооружение канала и туннеля для сброса селей в долину р. Бутаковки.

Поскольку трудно представить себе быстроток для сброса селей с расходами тысячи кубометров в секунду и суммарным объемом сотни миллионов кубометров с высоты более 100 м, предпочтительными представляются первые два варианта.

Объемы селевой массы, которые будут задерживаться плотинами в Медеу и Просвещенце или складироваться в долине р. Бутаковки, могут быть значительно снижены в результате реконструкции габионной плотины, сооруженной в урочище Мынжилки. Плотина высотой 17 м создала емкость 0,22 млн. м<sup>3</sup>, «Задерживая наносы и трансформируя прорывные паводки, она предотвращает по основному руслу реки процессы селеобразования, обеспечивая тем самым продление срока эксплуатации селехранилища плотины Медеу». [3].

Главная цель реконструкции плотины в Мынжилках – увеличение образуемой ею емкости. 7 августа 1956 г. из внутрiledниковой емкости ледника Туюксу начался выброс воды, сопровождавшийся выносом и относительно небольших объемов твердого материала, продолжавшийся около 100 часов. «Количество избыточной по отношению к «норме» воды приближенно оценивается в 1,5...2 млн. м<sup>3</sup>. Максимальный расход воды в створе Мынжилки оценивается в 25...40 м<sup>3</sup>/с» [2]. Приведенные данные свидетельствуют о том, что существующая емкость в Мынжилках не обеспечивает гарантированный перехват не только селей, но и прорывных паводков.

В ходе реконструкции плотины в Мынжилках ее емкость необходимо увеличить до 2,5...3 млн. м<sup>3</sup>, частично за счет емкости котлована, образуемого при добыче нерудных материалов, используемых для отсыпки плотины с целью наращивания ее высоты. Увеличение емкости храни-

лица позволит не только перехватывать гляциальные прорывные, но и дождевые паводки, которые в ближайшие десятилетия будут формироваться в высокогорной зоне, что резко снизит селевую активность бассейна р. Малой Алматинки. Эта же емкость может с успехом использоваться для регулирования ледникового стока с целью оптимизации подачи воды потребителям. Актуальность такого регулирования будет возрастать по мере уменьшения ледникового стока в ходе деградации оледенения.

Стоимость задержания единицы объема селевой смеси (воды) плотиной в Мынжилках значительно превышает таковую селехранилищем в урочище Медеу из-за удорожания стоимости строительных работ на высоте более 3000 м. Высокая эффективность функционирования плотины возможна лишь при условии, что она будет задерживать только паводочные воды. Формирование селей в зоне выше 3000 м должно быть исключено. Необходимо, наконец, начать работы по предотвращению зарождения и развития водоемов моренно-ледниковых комплексов.

Особое внимание должно уделяться моренно-ледниковому комплексу ледника Маншук Маметовой, где на высоте 3600 м расположено озеро №6. В случае неконтролируемого опорожнения этого озера с расходами, превышающими критическое значение, на древней (рисской) морене ледника Маншук Маметовой сформируется селя, объем которого уже в створе «Мынжилки» может значительно превысить 2 млн. м<sup>3</sup>. В современных условиях его дальнейшее развитие способно привести к увеличению объема селя до 10 млн. м<sup>3</sup> и более [1]. Объясняется это высоким содержанием воды и льда в грунтах морен ледников Маншук Маметовой и Туяксу, что может способствовать развитию цепного селевого процесса [8]. Контролируемое опорожнение озера №6 – первоочередная задача по предотвращению селевой опасности гляциального генезиса в бассейне р. Малой Алматинки.

Увеличение температуры воздуха на 2...3 °С в ближайшие 25...50 лет приведет к резкой активизации селей дождевого генезиса в высокогорной зоне, поэтому уже сейчас необходимо развернуть широкие работы по мелиорации стартовых зон дождевых селей. В настоящее время подобные работы не проводятся из-за отсутствия научного и методического обоснования.

Программой «Защита населения и объектов экономики г. Алматы от опасных геологических и гидрологических явлений, чрезвычайных ситуаций экзогенного характера», утвержденной решением №192 19-й сес-

сией Маслихата г. Алматы 3-го созыва, предусматриваются работы по строительству каскадов защитных сооружений на реках Бедельбай и Батарейка. Наибольшую угрозу сели, проходящие по руслам этих рек, представляют автомобильной дороге Алматы-Медеу. Просто и экономически целесообразно эта проблема решается соединением русел упомянутых рек в единое и пропуском воды и селей над дорогой Алматы-Медеу с помощью селеспусков, широко применяющихся для защиты железных дорог. Орографические и гидрологические условия для реализации такого проекта практически идеальные: высокий левый (орографически относительно р. Малой Алматинки) берег, врезающийся в который речки Бедельбай и Батарейка впадают в р. Малую Алматинку, и русло р. Малой Алматинки с правой (орографически) стороны дороги, куда и будут сбрасываться вода и селевая масса с селеспуска. Пример селеспуска приведен на рисунке 2, заимствованном из [5].

Как показывает опыт последних десятилетий, сели в бассейне р. Бутаковки образуются в результате оползневых процессов на крутых склонах временных водотоков, впадающих в русло основной реки. Роль русловых отложений р. Бутаковки в формировании селей крайне незначительна, поэтому стабилизация русла р. Бутаковки, как это предусматривается упомянутой выше Программой, вряд ли решит проблему. Имеет смысл проработать вариант защиты Бутаковского ущелья с помощью небольших плотин-барражей, установленных там, где имеется возможность их расчистки в межселевые периоды.



*Рис. 2. Селеспуск над железной дорогой.*

Западная часть г. Алматы расположена на конусе выноса р. Большой Алматинки. Бассейн р. Большой Алматинки, площадь которого более чем в два раза превышает площадь бассейна р. Малой Алматинки, включает в себя три крупных бассейна: р. Кумбель, р. Озерной и р. Проходной. В условиях современного климата наибольшую селевую активность проявляет бассейн р. Кумбель. В прошлом веке там образовалось несколько катастрофических селей дождевого и гляциального генезисов с объемами несколько миллионов кубометров.

Значительно меньшую угрозу в настоящее время для г. Алматы представляет бассейн р. Озерной, так как сели этого бассейна аккумулируются в котловине Большого Алматинского озера. По нашим данным [7], озеро образовалось 20...30 тыс. лет назад в результате грандиозного завала, вызванного сильным землетрясением. Это озеро имело объем 150...200 млн. м<sup>3</sup>, его прорыв сопровождался селем и наносонесущим паводком, отложения которых прослеживаются как 2...5 метровая толща аллювия (включающего в себя глыбы размером более 1,5 м в верхней части конуса выноса р. Большой Алматинки) на большей части территорий конусов выноса рек Большая и Малая Алматинки. В ходе эрозионных процессов, вызванных опорожнением озера, произошло формирование, а затем частичное обрушение стенок прорана, в результате которого образовалась современная озерная перемычка. За прошедшее с тех пор время озерная котловина на 75 % заполнилась селевыми и аллювиальными отложениями, объем воды в озере близок к 10 млн. м<sup>3</sup>. Как естественное селехранилище озерная котловина способна вместить 20...25 млн. м<sup>3</sup> селевых отложений.

Заполнение озерной котловины селевыми отложениями потребует решения сложных проблем, обусловленных особенностями геологического и геоморфологического строения района. Неконтролируемый перелив селей через гребень озерной перемычки приведет к возникновению селевого очага, потенциальные возможности которого – сотни миллионов кубометров рыхлообломочных пород, подготовленных к участию в селевых процессах. Но даже наращивание озерной перемычки на 100...150 м не решит проблемы, опасность со временем будет только возрастать. Необходимо срочно, пока озерная котловина еще не заполнилась, возвести дополнительную плотину, о которой будет сказано ниже.

Судя по всему, селевая активность в бассейне р. Проходной в последние 150...200 тыс. лет была незначительной. Увеличение селевой активности на северном склоне Заилийского Алатау в росс-вюрмском межледниковье не привело к выносу больших объемов наносов из этого бассейна на конус выноса р. Большая Алматинка. И только 9...10 балльное землетрясение 1887 г. продемонстрировало потенциальные возможности бассейна р. Проходной. «...Прежде всего, поражает своею величиной громадная оплывина, тоже с валунами, вышедшая из левого притока Уртасай, называемого также Прямою или Проходною Щелью, потому что по ней прежде шла кратчайшая дорога на Алматинский перевал. Из этого ущелья с необыкновенною быстротою изверглась громадная оплывина... Оплывина эта, даже при конце, т.е. в долине Б. Алматинки, имеет до 60 м толщины; она совершенно завалила ущелье во всю ширину до 300 м и по длине версты на 3, т.е. около 3000 м....Масса ее во всяком случае не менее 54 000 000 куб. метров» [6].

Как отмечалось выше, увеличение селевой активности в ходе глобального потепления способно привести к выносу на конус р. Большая Алматинка не менее 1 млрд. м<sup>3</sup> наносов в течение первых десятков лет. В таких условиях мощные сели дождевого генезиса могут формироваться ежегодно и даже неоднократно в течение года. Справиться с такой селевой активностью способен лишь комплекс селезащитных мероприятий (рис. 3).

Первоочередной задачей является строительство, подобно тому, как это рекомендуется для бассейна р. Малая Алматинка, второй плотины, расположенной ниже устья р. Проходная. Эта плотина должна быть оборудована створами для пропуска селей в существующее селехранилище и подстраховывать его в период очистки. При прохождении селя в этот период селевая масса будет складироваться в селехранилище, расположенном выше. Основное назначение этих плотин – задержание селей, формирующихся в бассейнах рек Тересбутак, Проходная, Аюсай и, частично, Кумбель.

Важную роль должна сыграть плотина, которую необходимо возвести в троговой долине р. Кумбель выше Кумбельского селевого вреза. В этом же районе необходимо перебросить сток р. Мынжилки в русло р. Кумбель, что позволит осуществить перехват водных паводков и небольших селей, формирующихся на склонах хребта, разграничивающего бассейны рек Малая и Большая Алматинки.



*Рис. 3. Схема расположения существующих и предлагаемых селезащитных сооружений в бассейне р. Большой Алматинки.*

Плотина в троговой долине р. Кумбель сделает возможным не только перехват гляциальных прорывных паводков, образующихся на моренно-ледниковых комплексах ледников 98...101 [4], но и дождевых паводков, формирующихся в этом бассейне на высотах, превышающих 3000 м. Это значительно ослабит селеформирование в наиболее активном, в настоящее время, селевом бассейне. Регулируемый водовыпуск из емкости, образуемой обсуждаемой плотиной, сделает возможным рациональное использование талого и дождевого стока с большей части бассейна. Необходимо провести исследования с целью оценки селевой активности бассейна р. Шукыр и целесообразности сооружения на ней плотины.

Продлению существования Большого Алматинского озера, как потенциального селехранилища, аккумулятора воды для получения электроэнергии и питьевой воды, объекта для организации отдыха и туризма может послужить сооружение плотины на р. Озерной на высоте около 3000 м, где долина расширяется и имеет незначительный уклон. Благоприятствующим обстоятельством для возведения плотины является наличие автомобильной дороги, ведущей на перевал Озерный.

Назначение плотины – перехват гляциально-прорывных и дождевых паводков, формирующихся на южных склонах пика Советов, в долине р. Кызылсай, моренно-ледниковых комплексах ледников Городецкого, №86, Черный, №84, Перевальный, №82 и 83 [4]. Наличие регулируемого водовыпуска на этой плотине значительно расширит возможности управления водными ресурсами бассейна р. Озерной.

По мере заполнения котловины Большого Алматинского озера наносами, его функции, как естественного селехранилища, могут поддерживаться наращиванием высоты озерной перемычки либо удалением наносов из озерной котловины, возможно и их совмещение.

Оледенение бассейна р. Проходной крайне незначительно, поэтому основную опасность здесь в ближайшие десятилетия будут представлять дождевые сели. Возможность и целесообразность строительства плотин в высокогорной зоне бассейна р. Проходной, с целью задержания дождевых паводков, могут быть определены после специальных полевых исследований.

Важнейшей составной частью мероприятий по уменьшению селевой активности в бассейнах рек Кумбель, Озерная и Проходная должны стать работы по предотвращению зарождения и развития емкостей моренно-ледниковых комплексов, превентивному опорожнению селеопасных озер и подземных водоемов, а также мелиорация стартовых зон селей дождевого генезиса. Существенный вклад в уменьшение селевой активности может внести возобновление агролесомелиоративных мероприятий. Потепление климата способствует естественному подъему верхней границы произрастания арчи и ели, что уже можно видеть в бассейне р. Малой Алматинки. Однако этот процесс, принимая во внимание скорость роста этих растений и близость во времени возрастания селевой активности, необходимо ускорить.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность и контроль гляциальных селей в Казахстане. – Алматы: Ғылым, 1998. – 102 с.
2. Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 154 с.
3. Караманов У.К., Деговец А.С. Внимание:сель ! – Алма-Ата: Кайнар, 1992. – 46 с.
4. Каталог ледников СССР. – Т 13. Центральный и южный Казахстан. Вып. 2. Бассейн озера Балхаш. Часть 1. Бассейны левых притоков р.

Или от устья р. Курты до устья р. Тургень. – Л.: Гидрометеиздат, 1967 – 79 с.

5. Корольков Н.М. Закавказская дорога / Труды совещания «Защита железных дорог от селевых потоков». – апрель 1961 г., Тбилиси. – М., 1962. – С. 5-26.
6. Мушкетов И.В. Верненское землетрясение 28 мая (9 июня) 1887 г. – СПб., 1890. – 154 с. – (Тр. Геол. Комитета, Т. 10, Вып. 1).
7. Степанов Б.С., Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К. О катастрофических явлениях в голоцене в бассейне реки Большая Алматинка // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 4. - С. 154-165.
8. Степанова Т.С. Цепной селевой процесс и образование очагов // Селевые потоки. - М.: Гидрометеиздат, 1989. - № 11. - С. 43-48.

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата  
Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

### **ӨЗГЕРМЕЛІ КЛИМАТ ЖАҒДАЙЫНДА АЛМАТЫ ҚАЛАСЫН СЕЛДЕН ҚОРҒАУ КОНЦЕПЦИЯСЫ**

Геогр. ғылымд. докторы

Б.С. Степанов

Геогр. ғылымд. канд.

Р.К. Яфязова

*Әлемдік жылынуға келтірген Қазақстан климатының өзгеруі Іле Алатауының солтүстік беткейінде және оған жақын орналасқан аймақта селдің белсенділігінің көбеюіне әкеледі. Қазіргі уақытта жүзеге асырылып жатқан селден қорғау стратегиясы елдің тұрақты дамуын қамтамасыз етпейді. Ол қауіпті тудыруға барабар қайта қаралуы қажет.*

**ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ  
ГЕОМОРФОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛЫСЫНЫҢ  
ТОПОНИМИЯДАҒЫ КӨРІНІСІ**

Геогр.ғылымд.докторы Ж.Д.Достай  
З.Қ.Мырзалиева

*Мақалада облыс аумағының жер бедері мен геологиялық құрылысының ерекшеліктерін бейнелейтін топонимдер топтамасы талданған. Жер бедері атауларының қатысуымен қалыптасқан топонимдер заңдылықтары анықталған.*

Геоморфологиялық жағынан Оңтүстік Қазақстан облысының жазық аумағының басым бөлігі тегістелген, негізінен денудациялық құрылымдардан тұратын *Сарысу-Бетпақдала үстіртінен*, палеогендік және бор дәуіріндегі шөгінділерден түзілген, беткі бөлігін саздақты аллювий құрайтын *Шардара-Арыс аллювиалдық жазығынан*, облыс аумағына енетін солтүстік-батыс бөлігі құмдақты келетін *көтеріңкі Мойынқұм массивінен* тұрады. Таулы сипаттағы орталық және оңтүстік-шығыс бөлігін облыстың *Қаратау ауданы*, солтүстік-шығысқа созылған тік беткейлі жоталар мен терең аңғарлардан тұратын *Батыс Тәңіртаудың (Тянь-Шань) Шатқал ауданы* құрайды [8]. Осы өңірдің геологиялық құрылысы, пайдалы қазбалары мен жер бедерінің сипаты облыстың топонимиялық жүйесіндегі айрықша атаулар тобын құрайды.

Орталық Қазақстан мен Оңтүстік Қазақстанның шекаралас бөліктері б.з.д. II мыңжылдықтың орта шенінде Еуразиядағы ежелгі металлургия, зергерлік өнер дамыған маңызды аудандардың бірі болған. Осы кездегі сақтардың алтыннан жасалған зергерлік бұйымдары аса шеберліктің үлгісі болып табылады. Ежелгі кен орындарының Мыңшұқыр, Шұрық, т.б. атаулары топонимдерде кеңінен сақталған және осы көне атаулардың геологиялық барлау жұмыстарында қосымша дерек көзі болатыны академик Әлкей Марғұланның ұзақ жылғы зерттеулерінде көрініс тапты [5]. Бұл еңбегінде, ғалым, Алтынтөбе, Алтынқазған, Мыңшұқыр, Шұрық, Кентөбе, Кеншоқы, Көктас сияқты топонимдердің бұл өңірдегі ежелгі кен өндіру ісінің өркен жайғанынан ақпарат беретінін

атап көрсеткен. Біз Оңтүстік Қазақстан облысы аумағынан осы тектес Алтынтаусай (ескі арна), Алтынтау (төбе), Ескі Алтынтау (қыстақ), Мыңшұқыр (қоныс), Күмісті (өзен), Күмісті (асу), Кенсай (сай), Алтынқазған (қоныс), Күмісбұлақ (өзен), Алтынтөбе (елді-мекен) атауларын тіркедік. Алғашқы жеті топоним Қаратаудың солтүстік бөлігіндегі тау алдында шоғырланса, соңғы екеуі Арыс және Бадам өзендері аралығындағы географиялық нысандарға берілген. Тау-кен топонимиясының бұлай шоғырлануы және аталған топонимдер тіркелген аудандарда қираған ескі үйінділердің болуы осы бағытта жете зерттеулер жүргізуді қажет етеді.

Пайдалы қазбаларды өндіруге немесе өңдеуге тікелей қатысы бар атаулар қатарына “бақыр” сөзімен байланысты Бақыршасай, Бақырлысай, Бақырлыөзек (бұлақ), Бақырлытоған (көл), Бақырлы (тау), Бақырлы (арық) сияқты топонимдерді де жатқызуға болады. Қазақтарда мыс кеніне қатысты “бақыр” сөзін жиі қолданған, сол себепті бұл атаулар мыспен байланысты болуы мүмкін. Осы ретте 1839 жылы қазақ жерін аралаған Е.П.Ковалевскийдің Бақыртау атауын мыс кен орнымен байланыстырғанын атап өткен жөн [1]. М.Қашқаридың “Түрік сөздігінде” де бақыр “мыс” деп аударылған [4]. Сондай-ақ облыс аумағында “бор” (эктас, әк) сөзімен байланысты Бортөбе, Борлытөбе атаулары бар екенін анықтадық.

Аумақтағы төсеніш қабаттың литологиялық құрамы “кұм”, “саз”, “тас”, “сор”, “қотыр”, “тақыр” терминдерінің негізінде топонимдерде өзіндік көрініс тапқан. Облыс аумағында “кұм” термині индикатор қызметін атқаратын 40-тан астам топоним анықталды. Оларды талдау барысында географиялық нысанның түсін (Ақкұм, жыра; құм; Қаракұм, шөл; қоныс; Сарықұм, қоныс), пішінін (Айыркұм, қоныс; Байыркұм, қоныс, елді-мекен; Жалпақкұм, құдық; Қызылқұм, шөл; Маяқұм, құм; Мойынқұм, құм; Төбекұм; құдық), телінуін (Бәйбішекұм, құм; Айымқұм, құм; Қоянқұм, құдық; Құланқұм, қоныс), сипатын (Мұзбелқұм, төбе; Масқұм, құм; Жаушықұм, төбе; Алқакөл, құм; Мойынқұм, құм), сондай-ақ түрін білдіретін (Құмтөбе, Құмкөл, Құмкөл арық, Құмқұдық, Құмсуат) атауларға топтастырдық. Байыркұм атауы екі географиялық терминнің қатысуымен құралған. “Байыр” терминін талдаған Ғ. Қоңқашпаев бұл терминнің Үстірт пен Маңғыстауда тегістелген қыраттар мен жондарды білдіретінін айта келіп, түрікмен тілінен енген термин деп жорамал жасайды.

Сазды жыныстар тараған аумақтарда “саз” терминінің қатысуымен жасалған топонимдер топонимдер тобы шоғырланған. Облыс аумағында “саз” термині негізінде жасалған 10-нан астам атау тіркелді. Олардың басым көпшілігі қоныс атаулары (Бессаз, Бөрібенсаз, Топшақсаз, Семізсаз, Тышқансаз), қалғандары оронимдер (Бессаз, Кішібақпайсаз), гидронимдер (Дөңгелексаз, Ерменсаз, Бәйменсаз) болып табылады. Аумақта саздардың екі түрі белгілі болды. Бірінші тобы (түрі) көлдер мен өзендер маңында, жалпы ойыс жерлерде артық ылғалдану әсерінен қалыптасса, ал екінші түрі едәуір биікте орналасатын тау саздары [2]. Мыс., Бессаз тауының теңіз деңгейінен биіктігі 2176 м, ал Топшақсаз қонысы 2890 м биіктікте орналасқан. ХХ-ғасырдың басында Шымкент уезінің аумағын зерттеген орыс ғалымдары Қаратаудан бастау алатын көптеген кішігірім өзендердің таудан шығар жерде саздар қалыптастыратынын атап өткен [7]. Шындығында да Оңтүстік Қазақстан және Жамбыл облыстарының шекарасындағы Бөрібенсаз қонысы Қаратау баурайында орналасқан.

“Тас” термині атаулардың барлық дерлік топтарында (оронимдер, гидронимдер, комонимдер және т.б.) кездеседі. Терминнің оронимдер құрамында негізінен “қатты, яғни түптік жыныс” деген мағына береді. Осы тұрғыдан алғанда, құрамында “тас” термині бар атаулар көбінесе таулардың биік бөліктеріне немесе жазық аудандарда айналасындағы жер бедеріне қарағанда айрықша көрініп тұратын қалдық тауларға, қатты жыныстардан тұратын төбелерге қатысты қойылған. “Тас” термині Адамтас, Ақтас, Буратас, Кезеңтас, Керегетас, Күлтас, Кішіктас, Қаратас, Қотантас, Қызылтас, Тайғақтас, Тасқақтау, Үштас оронимдері, Жамантас, Қызылтас, Сартас, Тамғалытас, Тесіктас, Шекетас гидронимдері жасалған. Бұлардан өзге, жергілікті жердің сипатын дәл бейнелейтін Тастақ, Тассай, Таскешу, Тасты атаулары бар.

Оңтүстік Қазақстандағы “сор” термині негізінде жасалған топонимдер де көңіл аударуға тұрарлық, өйткені басым бөлігі шөл зонасында жатқан бұл өңірде сорлар мен сортаңдар кеңінен таралған. Сортаңды далалар (шөлейттер) түйе мен қой үшін ең жақсы жайылым болып есептеледі. Облыс аумағында өткен ғасырда жүргізілген зерттеулерде [7] сортаң топырақтардың екі (томпақ және қатты) типі бөліп қарастырылған. Олардың бетінде 10 см-лік тұз қабаты шоғырланған. В.И.Масальский Қызылқұмдағы сорларды *сор* (борпылдақ және томпақ), *қақ* (сортаңды-сазды, нығыздалған кеңістіктер) және *батпақ* (бетінде

тұзды қабыршағы бар, шалшықты ойыстар) деп 3 топқа бөлген [6]. Қызылқұмда Алқақак, Қосқак, Қаққұдық сияқты атаулар тіркелді. Ландшафттың осы ерекшелігі атауларда өзіндік көрініс тапқан. Мысалы, Созақ ауданындағы Шу бойында қатар орналасқан сортаң жерлерге Жерсортаң, Соркөл, Тұздыарал атаулары қойылған. Сондай-ақ Ащысай (жыра), Тұзсай (сай) атаулары да жергілікті жердің сортаң екендігінен ақпарат беріп тұр.

Облыс аумағының жер бедерінің сипаты да топонимиялық жүйеде көрініс тапқан. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде біз аумақтағы жер бедерінің оң және теріс пішіндеріне берілген атаулардың арасалмағы бірдей емес екендігіне көз жеткіздік. Жер бедерінің оң пішіндерінің (тау, жота, төбе) атаулары теріс пішіндеріне (сай, жыра, ескі арналар) қарағанда әлдеқайда көп болып шықты. Бұл ең алдымен көшпелі мал шаруашылық жағдайында биік түктелердің бағдар алу мақсатында пайдаланылуымен байланысты деп ойлаймыз.

Жер бедерінің оң пішіндеріне қатысы бар 300-ден астам атауды құрамындағы индикатор-терминдер бойынша топтастырғанда, ең үлкен топты “төбе” терминінің қатысуымен жасалған топонимдер (60 атау) құрады. Олардың көпшілігі жазық бөліктегі биіктігі 400 м-ден аспайтын төбелердің немесе тауалды аудандардағы кіші-гірім таулардың атаулары болып табылады. Орографиялық нысанның сипатын терминмен қатар, оған тіркелген анықтауыштар мен жеке сөздер айқындайды. *Төбе* терминінің негізінде қалыптасқан оронимдердің лексикалақ-семантикалық топтамасын осы тұрғыдан құрастырдық (1-кесте).

Кесте 1

Төбе термині негізінде жасалған оронимдердің семантикалық топтары

Жер бедері бойынша	Литологиясы бойынша	Түсі бойынша	Әлеуметтік маңызы бойынша	Өсімдігі, Жануары бойынша
Кіндіктөбе	Борлытөбе	Ақтөбе	Ақсақалтөбе	Жусантөбе
Домалақтөбе	Бортөбе	Көктөбе	Жамантөбе	Өлеңтөбе
Қостөбе	Тастөбе	Қаратөбе	Жолтөбе	Құлантөбе
Жалпақтөбе	Күлтөбе	Қоңыртөбе	Қарауылтөбе	Қошқартөбе
Жартытөбе	Құмтөбе	Сарытөбе	Құрантөбе	Майтөбе
Төрткүлтөбе	Шақпақтөбе	Қаракеміртөбе	Мазартөбе	Шөлтөбе
Шойтөбе			Пішентөбе	

Оронимдерде жиі кездесетін терминнің бірі – “тау” (32 атау). Бұл терминге жер бедері пішінін (Айыртау, Белтау, Бүрлітау, Иректау, Қыземшектау, Шартақтау), санын (Жетімтау, Жетітау), оны құрайтын тау жыныстарының түсін және сипатын (Ақтау, Алтынтау, Бақырлытау, Көкшетау, Қаратау, Наркызылтау, Сарытау, Тасқақтау), органикалық дүниесін (Арқарлытау, Қабанжелкетау, Ырғайлытау), шаруашылық маңызын (Баспанатау, Жамантау, Қарактау, Қыңырақтау, Майтау, Таутары, Тиірментау, Түгіскентау) анықтайтын сөздер тіркескен.

Оронимдер құрамында таулардың биік нүктелеріне қатысты пайдаланылатын *шоқы* (Ақшоқы, Бесшоқы, Күлшоқы, Қызылшоқы, Қылшоқы, Наршоқы), қатты жыныстардан тұратын, тегіс төбелі оқшау төбені білдіретін *қара* (Берқара, Құлжалықара, Қылышқара, Тасқара), онша биік емес жондарды немесе кең асуларды анықтайтын *бел* (Белтау, Есекбел, Мұзбел, Сарыбел), тік жартасты беткейді білдіретін *құз* (Аққұз, Қарақұз) терминдері кездеседі.

Орографиялық нысандардың кеңістікте орналасу ерекшеліктері мен пішіндері заттық мәдениет элементтерімен де байланыстырылған. Қазақ топонимиясында киіз үйдің жеке бөліктері мен ондағы заттар (*босаға, кебеже, кереге, сандық, шымылдық*) өзіндік орнын тапқан. *Босаға* терминімен қазақтар таулар мен төбелер аралығындағы ойысқа тік төмен түсетін төбені атайды [3]. Қаратаудың тау алды ауданында орналасқан *Босаға тауы* (1373 м) Көксай тауаралық ойысына (Келіншек және Қараадыр таулары аралығы) тік құлама жасап шектеседі. Оңтүстік Қазақстан аумағында аталған заңдылықтың көрінісі ретінде Керегетас, Көкшымылдық, Сандықтас, Кебеже сияқты оронимдер тіркелді.

Халықтық географиялық атауларда адамның, жан-жануардың дене мүшелеріне баламалау мысалы жиі кездеседі. Көбінесе *ауыз, аяқ, бас, бет, кіндік, қолтық, құлақ, мұрын, сақал, тұмсық* сөздері қолданылады, олар географиялық нысандардың кеңістікте орналасуын денедегі орнына қарай бейнелейді. Бұл құбылыс ұқсастыру негізінде баламалау, әсірелеуге (атау-метафора) негізделген. Созақ ауданы аумағында, Мойынқұм мен Қарақұм аралығында Баскөкше, Ортакөкше, Аяқкөкше деген қоныс атауларын тіркедік. Бір-бірінен төмендей, қатарымен орналасқан бұл қоныстардың ең биігі Баскөкше (абс. биіктігі 376 м), одан батысқа қарай Ортакөкше (351 м), ең соңында Аяқкөкше (342 м) орналасқан. Халықтық географиялық терминологиядағы *бас* ұғымына Ғ. Қоңқашпаев “жоғары, биік шың” деген

мағыналық жүктеме бергенін ескерсек, аталған нысандардың сипаты топонимдердің семантикалық жүктемесіне сай келіп тұр.

Қазақтың жергілікті географиялық терминологиясына енген *ауыз* термині шатқалға кіре берісті немесе тау өзенінің жазыққа шығар бөлігін, *тұмсық* –қыраттың ұзыншақ шығынқы бөлігін білдірсе [3], *кіндік* жазықта жалғыз орналасқан төбені анықтайды. Ал осы өңірдегі оронимдерден кездестірген *құлақ* - гидронимдер құрамындағы *құлақтан* (су өлшемі) басқа мағына береді, яғни жазық жер бедеріне тән кіші-гірім тауларға, көтеріңкі дөңестерге қатысты қолданылады. Осы тектес термин сөздерді талдау негізінде біз Оңтүстік Қазақстан аумағынан Ақбет (тау), Ақмұрын (тау), Аққолтық (жыра), Ауыздыкемер (қоныс), Кіндіктөбе (төбе), Қарасақал (тау), Қабанбұлақ (төбе), Қызылқұлақ (төбе), Ақтұмсық, Тастұмсық (қоныс) атауларын тіркедік.

Орографиялық термин ретінде “*дарбаза*” тәжік тілінен аударғанда “қақпа” дегенді білдіреді. Оңтүстік қазақтары арасында ауызекі сөзде осы мағынада қолданылады. Географиялық мағынада екі тау арасындағы аңғарға қатысты қолданылады. Қазіргі Оңтүстік Қазақстан аумағында бұрын иран тілдес халықтардың өмір сүргендігін және осы тілдерден енген атаулардың әлі де болса кездесетінін ескерсек, облыстағы *Дарбаза* тауының, *Дарбазасай* жырасының, *Қызыл Дарбаза* қонысының атауларын тәжік терминімен байланыстыруға болады. Жергілікті жер жағдайы да осы ойымызды дәлелдей түседі.

Қазақ оронимдерінің мағыналық жүктемесі мал шаруашылығына қажетті білімді шоғырландыруымен ерекшеленеді. Көшпелі мал шаруашылығымен айналысатын халықтарда байқалатын құбылыс ретінде оронимдерде фитонимдердің, гидронимдердің жиі кездесуін атап өту қажет (2-кесте).

Облыстың Тұран ойпатының құрамына кіретін жазық бөлігінде ескі арналар өте көп, себебі аңғарлар жүйесі плиоцен мен төрттік кезеңдерде сан рет өзгеріске ұшыраған. Олар негізінен аллювиалды жазықтарда, Қызылқұмда кездеседі. Ескі арналардың атаулары негізінен “сай”, “өзек” терминдерінің негізінде жасалған. 120-ға жуық құрғақ арналар атауын талдау барысында 90-нан астам “сай” терминінің, 10 шақтысы “өзек” терминінің қатысуымен жасалған атаулар анықталды. Құрғақ арналардың жер бедерінің сипатын аталған терминдерден басқа, атаулар құрамындағы “жар”, “жіңішке”, “келте”, “қия” сөздері айқындай түседі. Құрғақ арналардың жер бедерінің сипатын аталған терминдерден басқа, атаулар

құрамындағы “жар”, “жіңішке”, “келте”, “қия” сөздері айқындай түседі. Құрғақ арналар атауында фитонимдер (Арпатектісай, Жантақсай, Жидебайсай, Жыңғылдысай, Қамысақтысай, Жидебайсай, Шеңгелдісай) онша көп емес. Керісінше, бұлақтар немесе өзен атауларына талдау жасағанда, олардың арасында фитонимдердің қатысуымен жасалған атаулардың көп екендігін байқадық. Кейбір атауларда (Құрсай, Құрқал, Құрғастақсай) арнаның құрғақ екендігі туралы ақпарат берілген.

## Кесте 2

### Оңтүстік Қазақстан оронимдері құрамындағы гидронимдер, фитонимдер және зоонимдер

Гидронимдермен байланысты атаулар	Ақсуат (тау), Астамбұлақ (тау), Бірбұлақ (сай), Көкбұлақ (тау), Кішіақсу (тау), Кішісу (тау), Қайнар (тау), Мибұлақ (тау), Талдыбұлақ (тау), Тоғансай (жыра), Төбекұдық (жота), Шошқабұлақ (тау)
Фитонимдермен байланысты атаулар	Аршалы (сай), Дерменесай (жыра), Жусантөбе (төбе), Жыңғылдысай (сай), Итмұрынды (тау), Кекірелісай (сай), Кескентерек (тау), Көктерек (сай), Қарағайлы (жыра), Қоғалысай (жыра), Өлеңтөбе (төбе), Пішентөбе (тау), Раң (асу), Талдыбұлақ (тау), Таутары (тау), Шілікті Ақсу (асу)6 Ырбайлы (тау)
Зоонимдермен байланысты атаулар	Айғыржал (тау), Айғыришан (тау), Айғырұшқан (тау), Ақтүйеқұлаған (тау), Арқарлытау (жота), Бүркіт (тау), Дегерес (тау), Есекбел (тау), Ителгі (тау), Кіші Сауысқандық (тау), Қабанжелкетау (тау), Қабанқұлақ (тау), Қаратайынша (жота), Қошқартөбе (төбе), Құлансай (жыра), Құлантөбе (төбе), Құлжалықара (тау), Қызылқабан (тау), Сазантөбе (төбе), Үлкен Сауысқандық (тау), Шошқабұлақ (тау)

Сонымен, зерттеліп отырған өңірдің ұзақ қалыптасу тарихы бар географиялық атауларында осы аумақтың геологиялық құрылысы мен жер бедерінің сипаты өте дәл бейнеленген деп тұжырым жасауға болады.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Вальская Б.А. Путешествия Е.П.Ковалевского. – М.: Географгиз, 1956.– 200 с.



УДК 504:801.311 (574)

**ҚАЗАҚСТАН ГЕОЖҮЙЕЛЕР ТОПОНИМДЕРІНДЕГІ  
ӨЗГЕРІСТЕР**

Геогр. ғылымд. кандидаты Ә.Е.Аялбекова

*Арал теңізіне құятын Сырдария мен Әмудария өзендерінің суын мөлшерден тыс бөгеп, мақта, күріш және т.б. алқаптарға жіберіп суды үнемді пайдаланбау себептерден теңіз құрғап барады. Арал теңізі аймағының құрғаған өңіріндегі географиялық нысандардың атаулары тек географиялық картада сақталады.*

Арал теңізі қайталанбас географиялық нысан болып табылады және айналасындағы аумақты қоса алғанда біртұтас күрделі экологиялық жүйені құрайды және Арал өңірі Қазақстан үшін:

- балық өндіру орны;
- жері мал жайылымы және әр түрлі дақылдар өсірілетін аймақ;
- өте арзан құрылыс материалдарының базасы;
- осы өңірдегі құмды эрозиясына басты тосқауыл;
- мұхиттардан бірнеше мыңдаған шақырым алшақ жатқанына карамастан «нағыз» теңіздік сипатқа ие [5].

1970 жылдардың орта шенінен бастап-ақ бір қатар ғалымдар теңіздің тартылып бара жатқаны жөнінде өз болжамдарын алға тартып, талдап түсіндіріп және экономикалық әлеуметтік қолайсыз өзгерістердің алдын алу мақсатын көздеген ойлы ұсыныстар айтылды. Мысалы, 1972 жылы Сырдария өзені алабында және Орталық Азияның басқа аудандарында суландырудың дамуы теңіздің су теңдестігінің кірісін азайтты. 1972 жылы жарық көрген М.Х.Байдал мен А.Х.Каятकिनаның «Арал теңізі проблемасының бүгіні мен болашағы», С.А.Бедаревтің «Арал теңізі деңгейі өзгеруінің Арал маңындағы жайылымдық өсімдіктерге әсері» атты жұмыстарында Арал алабы су ресурстарын кешенді пайдаланудағы өсімдіктерінің қазіргі жағдайы, өнімділігі және теңіз деңгейінің өзгеруіне байланысты өзгеріс мәселелері қарастырылып айтылды [1].

1987 жылы 16 қазанда айында Қазақ ССР Ғылым академиясында республиканың бірқатар жауапты мекемелер және Қызылорда, Оңтүстік

Қазақстан облыстары жұртшылығы қатысқан мәжіліс болды. Мұнда негізінен мынадай нақты шаралар тобы қарастырылды:

1. Аймақтағы барлық су көзі қорын үнемді де әрі ұтымды пайдалану.
2. Жергілікті халықты сумен қамтамасыз етуді жақсарту және су көздерін неғұрлым таза сақтауға қол жеткізу.
3. Ауыспалы егіс шаруашылығына суды көп қажет ететін дақылдардың (мақта, күріш) орнына неғұрлым аз мөлшерде тұтынатын түрлерімен алмастыру арқылы суармалы жерлер құрылымына өзгеріс енгізу.
4. Аумақтың табиғи ылғалдылығын сақтау мен теңіз деңгейінің суын түсірмеу үшін, көп уақыттар бойы теңізге келіп құятын қуатты қос өзен - Әмудария мен Сырдария суларын үнемді, ұқыпты пайдалануды негіздеу.
5. Қосымша су ресурстарын сырттан әкелу жолдарын қарастыру.

1988 жылы Кеңес Одағының министірлер кабинеті «Арал өңірі аудандарында бұзылған экологиялық тепе-теңдікті қалпына келтіру, аймақтың табиғи ортасы мен климатына елеулі ықпал жасайтын табиғи нысан ретінде Арал теңізін сақтап қалу (қысқарған айдынымен), санитарлық - эпидемиологиялық жағдайды жақсарту мақсатымен 1990 жылдан бастап Әмудария мен Сырдария өзендерінің атырауына және Арал теңізіне жылына кемінде 8,7 текше километр мөлшерінде кепілді өзен суының құйылуын белгілеу, сөйтіп оны 1995 жылы 11 текше километрге дейін, 2000 жылға таман 15-17 текше километрге дейін жеткізу қажет», - деп алғашқы қаулы қабылданды [1]. Бұл Арал теңізін сақтап қалу жолындағы алғашқы батыл шара болғандықтан жергілікті халық Арал болашағын үлкен үмітпен күтуге негіз жасады. Амал қанша, кейін Одақ ыдыраған соң бұл шаралар жайына қалды.

Арал апатынан зардап шеккен елдер басшыларының іс-қимылдарына көмектесуге бағытталған алғашқы халықаралық келісім 1990 жылдың 24-26 қаңтарында БҰҰ-ның қоршаған орта бағдарламасының (ЮНЕП) ұсынысымен жасалды да, Женева қаласында 1992 жылы 4 тамызда ЮНЕП-тің басқаруымен келісім заңды түрде бекітілді. Халықаралық Арал қорының басшылығымен «Арал теңізі мәселелеріне нақтылы көмек Бағдарламасын» іске қосты, 7 бағдарлама, 18 жоба жасалынды [3].

Қазақстан Республикасының ұсынысымен Орталық Азия Елбасшыларының 1993 жылдың қаңтарында Ташкентте қабылдаған шешімі бойынша осы жылғы 26 наурызда Қызылорда қаласында өткен

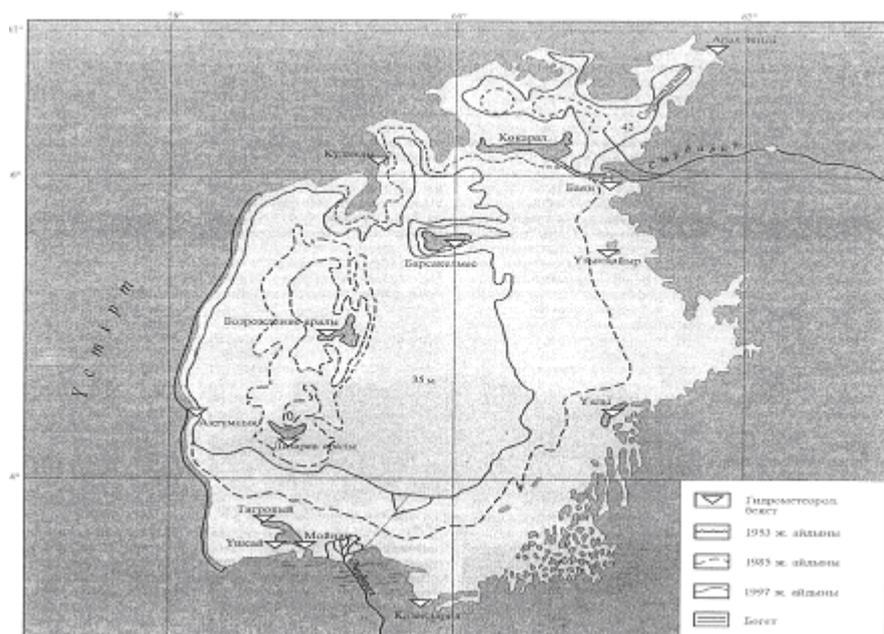
Арал теңізінің мәселелері жөнінде 1-ші конференцияда жасалған келісімге Қазақстан, Қырғыстан, Тәжікстан, Өзбекстан, Түркіменстан Президенттері қол қойды. «Арал теңізі мен Арал аймағы мәселелерінің экологиялық сауықтыруды, аймақтың экономикалық - әлеуметтік дамуын қамтамасыз етуді бірлесіп шешетін ортақ шаралар қарастыру» тақырыптағы келісімді орындаудың алғашқы шарты есебінде:

- Халықаралық Арал қоры ашылды.
- Арал теңізі мәселелері жөніндегі мемлекетаралық Кеңес құрылды.
- БҰҰ-ның Бас Хатшысына Орталық Азия Елбасыларының атынан

үндеу – хат жолданды. Онда Аралды сақтап қалуға, Арал аймағының келелі мәселелерін шешуге арналған шаралар дүние жүзілік қауымдастықтың назары аударылды.

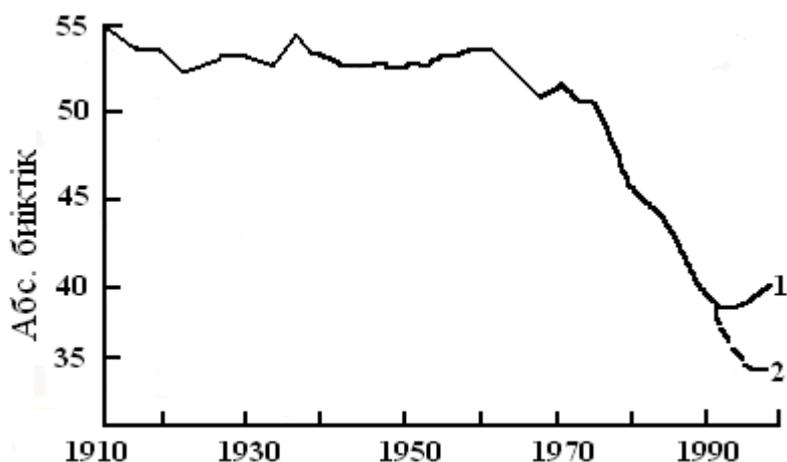
1997 жылы морфологиялық құрылымы мен гидрологиялық режимдерінің кейбір ерекшеліктеріне қарай Сырдария мен Әмудария атырауының антропогендік шөлдену салдарынан Арал теңізі деңгейі 18 м-ге төмендеп екі бөлікке бөлінді (сур.1). Оңтүстігіндегі Көкарал аралымен бөлінген, ауданы 6000 шаршы километр, солтүстік шығыс бөлігі ***Kiwi теңіз (Kiwi Арал)***. Көкаралдан есептегенде Арал теңізінің оңтүстік бөлігі ***Үлкен теңіз (Үлкен Арал)*** деп аталды. Арал теңізі атауы макротопоним, мағынасы «***арал – теңіз***», «***аралды теңіз***» яғни «***аралдарға бай***». Белгілі ғалым топонимист Э.М.Мурзаев «Арал – остров (тюрк., монг.)», - деп негіздейді [9]. Бұл мағынаның дұрыстығына дәлел бірінші Арал теңізінде 1100 аралдар тобы болған, кейінен олардың бірқатары түбектерге айналып құрлыққа қосылған. Кезіндегі ірі аралдары: Көкарал, Барсакелмес, Возрождение (бұл аралдарда КСРО-ның бактериологиялық қаруын сынау алаңы болған). Екінші дәлел теңіз атауы «***Арал***» халықтық географиялық терминінің қалыптасуымен жасалған. Жергілікті жердің тарихи-табиғи ерекшеліктерін ескермеудің және жерді игерудің агротехникалық шараларын сақтамау, суды үнемді пайдаланбау нәтижесінде географиялық картада ***Арал*** теңізі атауы жоғалып, ***Kiwi Арал, Үлкен Арал*** жаңа географиялық атаулар қалыптасты. Гидрофильді, мезофильді фитоценоздардың орнын ксерофитті, галофитті фитоценоздар басуда. Теңіз деңгейінің төмендеуі Арал маңының экожүйелеріндегі өнімділіктің төмендеуі, топырақ түзілуінің бәсеңдеуі сияқты құрылымдық өзгерістерге әкеп соқты. Жайылымдар мен шабындықтардың өнімділігі күрт төмендеп, шөлейтті-жайылымдық жерлер геожүйеге ***құмды сортаңды шөл ландшафттарын*** бірте-бірте күрделі әрі қайтымсыз антропогендік

экожүйеге қарай ығыстыруда; табиғи өсімдік жамылғысының өсуіне топырақтың күшті тұздануы кері әсер етті [4].



Сур. 1. Арал теңізі (Масштабы 1:3 000 000)

Тәңіртауы және Памир тауларынан бастау алатын екі өзен Әмудария мен Сырдария 1961 жылға дейін теңізге келіп құятын суының орташа мөлшері – 58 текше километр метр еді (сур.2) [6]. Айдыңның аумағы 66 шаршы километр теңіз өз деңгейін көп жылдар бойы 53 метрлік белгіден түсірген емес, теңіз тұздылығы 10‰ болды (кесте 1) [6]. Атмосфералық ылғал мен теңіз суының булануын бойына бірдей сіңірген өзен ағысы – бұл маңайдағы көптеген кіші-гірім көлдердің ұзақ жылдар геожүйенің сақталуына қолайлы жағдай жасады. Сөйтіп мұндай көлдер мен атырау қойнауында әр алуан жануарлар мен өсімдіктер дүниесінің де өсіп-өрбуіне мүмкіндік берген. Мәселен, тек Қызылорда облысының өзінде ғана 1982-1986 жылдар аралығында 84 мың гектар күріш, жемшөп, көкөніс дақылдарының егістігі шаруашылық айналымынан шығып қалды. Мал азығы базасының күрт төмендеуіне мал басының кемуі мен оған жұмсалатын шығынның ұлғаюына әкеліп соқтырды.



Сур. 2 .Арал теңізі деңгейінің өзгеруі.1- Кіші Арал, 2 - Үлкен

Кесте 1

Арал теңізінің деңгейінің өзгеруі

Жылдары	Теңіз деңгейі	Жаға сызығы км	Ауданы (аралдарын қоспағанда)	Су көлемі км <sup>2</sup>	Тұздылығы %
1957	53,16	2575	66085	1075	9,25
1977	47,63	2215	54792	749,2	15,44
1985	41,95	1525	44382	475,0	25,50
1989 (Үлкен Арал)	39,07	980	37410	350,0	30,38
1989 (Кіші Арал)	40,60	410	2984	20,0	-
1997	41,00	-	2600	20,0	-

Сырдария мен Әмудария өзендерінің Аралға құятын жылдық су мөлшері 58 текше километрден 42 текше километрге дейін азайды (өзендер ағысы бәсеңдеп кейін мүлдем тоқтатылуы себепті теңіз деңгейінің төмендеуін тездетті):

- алғашқы балық шаруашылығы және транспорттық мәнінен айырылды;
- тартылып бара жатқан теңіздің түбіндегі тұз шөгіндісі мүлде ұлғайып, тұз атмосфераға көтеріліп, төңіректі зиянын тигізуде;
- ғарыштан түсірілген мәліметтерге сүйенсек, тап осындай тұз тозаңдарының Аралдан мыңдаған шақырым қашықтыққа дейін ұшып барады (сур.3) [6];

- теңіз түбінен атмосфераға жыл сайын 15 млн. - 75 млн. тоннаға дейін тұз тозаны көтеріледі де, Арал өңіріндегі әрбір гектарға 0,5-тен - 6 тонна тұзды тозаң келіп түседі, мұның өзі атмосфералық ылғалды ауаның минералдығын арттырып, топырақ қыртысының тұздылығын көбейтеді;
- өзеннің атырауындағы аймақтар суға деген сұранысы көп және теңіз өңіріндегі көптеген кіші-гірім көлдердің құрғап қалуы;
- тоғайлы, қамыс-қопалы жерлердің мүлде сиреуіне әкеліп соқтырды;
- ауа райына да кері ықпал етеді; мәселен бұрын теңіз әсерінен қыстың аязды күндері 15-20 күнге қысқарып, жаз айларында теңізден самал есетін, қазір мұндай құбылыс аса сиреген; аймағының климаты құрғақ, шөлді аймаққа айналу жүйесі жүріп жатқаны айқын байқалады;
- Арал өңіріндегі жер асты және кейбір жерлерде терең қысымды су деңгейі төмендеп барады, бұл әрине жалпы жер ылғалдылығының азаюымен, табиғи құм алаптары шекарасының ұлғаюуымен, топырақ қабаттарының бұзылуымен, жер қыртысының аридтік қалыптасуының күшеюімен қатар жүруде.



*Сур. 3. Арал теңізінің ғарыштан түсірілген суреті (Қазақстанның «Байқоңыр» аэроғарыштық экологиялық аймағының басшылығымен бірінші рет «Арал өңірінің экологиялық картасы» жасалынды 1992 ж.).*

Теңіз деңгейін төмендеуінің қазіргі жағдайы және оның алдағы уақыттардағы экологиялық, экономикалық - әлеуметтік салдарының нашарлауының себептері:

- судың 90 пайызын суармалы жерлерге пайдаланылды;
- суармалы жерлердің ұлғая түсуі бұл аймақтағы қолайсыз жағдайлардың қалыптасуына негіз жасады; өзендер ағысының жаппай бөгелуі суармалы жерлердегі жер асты суы деңгейінің көтеріліп, жердің саз батпаққа айналуына, топырақ қабатының сортаңдануына коллекторлы-дренажды су көлемінің ұлғаюына себеп болды;
- Сырдария өзеніне суармалы жерлерден келіп құятын тазартылмаған дренажды-коллекторлық, тұрмыстық және өндірістік қажеттерге пайдаланылған ақаба судың тұздылығы мен ластану дәрежесі артып отыр. Арал өңіріндегі елді - мекендер тұрғындарының жер бетіндегі су көздерін ауыз су ретінде пайдалануы адам денсаулығына кері әсер етуде – жергілікті халықтың, әсіресе, жас балалар мен әйелдер арасындағы түрлі ауыру-сырқау жиілей түсті [2].

Бүгінгі таңдағы Арал теңізінің алабында, әсіресе, қазақстандық бөлігінде аса бір ауыр экологиялық жағдай қалыптасқанын көзбен көре отырып, ол жөнінде айтпау мүмкін емес. Себебі, «табиғатты түгелдей қайта қалпына келтіреміз» деген бастоманың екпіні де біраз бәсеңдеп қалғаны рас, тек ендігі жерде бұл мәселеге жауапсыздық танытқан тұстарымызды барынша байыпты түзету міндеті ғана тұр.

«Арал тағдыры» атты жинақта Қазақстан, Өзбекстан, Ресей елдерінің көрнекті ғалымдары мен жазушы, журналистердің Арал теңізіне қатысты мәселелерді әр қырынан сөз еткен нақты ұсыныстары берілген. Мәселен, белгілі ғалым Ж.Сыздықов « ... Аралдың екі жағындағы Қызылқұм мен Қарақұм теңіз құрғап бірігетін болса, Гоби, Такламақан секілді шөлге айналады. Тартылып қалған теңіз түбінің бос топырағын бекіту мақсаты мен бұл жерлерде физикалық және химиялық әдістерді қолдана отырып, кең ауқымды шараларды жүзеге асырудың мезгілі жетті», -деп ұсыныс білдіреді [1]. Ал, ғалым Т.Омаров Аралдың келешегі туралы пікірін: «Ең алдымен тау мұздықтарының динамикасына және соңғы жылдары байқалған регрессивтік жағдайы, жалпы ылғалдылықтың төмен болуы өзен суларының көлемін азайтады, сондықтан 2000 жылға дейін өзен суларының бір тамшысын ауыл шаруашылығына пайдаланған

жағдайда Аралдың деңгейі бір метрге төмендейді. Ал егер өзен суларын дұрыс пайдаланбаған уақытта өзен бойындағы, әсіресе өзеннің теңізге құятын аймағындағы өсімдіктер қурап, шөлейт шөптері пайда болады. Сондай-ақ жер асты суының деңгейі де төмендеп, көптеген өсімдіктер құрып кетеді де, топырағы сорға айналады. ... Әмудария алабында - Сарықамыс және Сырдария алабында – Арнасай, Шардара жасанды су қоймаларының үстінгі бетінің булануы және жер асты суы аса тереңге кетпейтін суармалы жерлер төңірегіндегі 10 текше километр судың босқа ысырап болуы ойлантатын жайт», - деп білдірді [1].

Сырдария өзенінің бойында және өзеннің көлге құяр сағасында, Қазалы және Арал аудандарында төмендегі көлдер қалды:

- |             |               |                    |
|-------------|---------------|--------------------|
| 1. Томайкөл | 5. Шөмішкөл   | 9. Қаязды көл      |
| 2. Көкқатын | 6. Қотанкөл   | 10. Лайкөл         |
| 3. Ақшатау  | 7. Райымкөл   | 11. Қамыстыбас көл |
| 4. Қаракөл  | 8. Жалаңашкөл | 12. Тұщыбас көл    |

Аралдың өзі 40-50 километрге дейін тартылып жатса, оның төңірегіндегі көлдердің тағдыры айтпаса да түсінікті болар. Кешегі о шетімен бұл шетіне көз жетпейтін ұланғайыр көлдің орнына қазір сораң басқан шөл дала жатыр.

50 жыл бұрын Қараөзек өзенінің алқабында үлкенді-кішілі бірнеше көлдерден (Тереңөзек, Жалағаш, Қармақшы аудандары жерінде, Сырдария өзенінің тармағы) 25 мың центрге дейін балық ауланатын. 1964 жылдан бастап осы көлемі 15-20 мың гектарға кеміп, балық өнімі жұмыстары кеңінен жүргізілуіне баланысты Қараөзек арнасын жауып, су деңгейін көтеруге тура келді [1]. Нәтижесінде 1970 жылдардың басында судың азаюынан көлдердің айдыны тарылып көлдер құрғады:

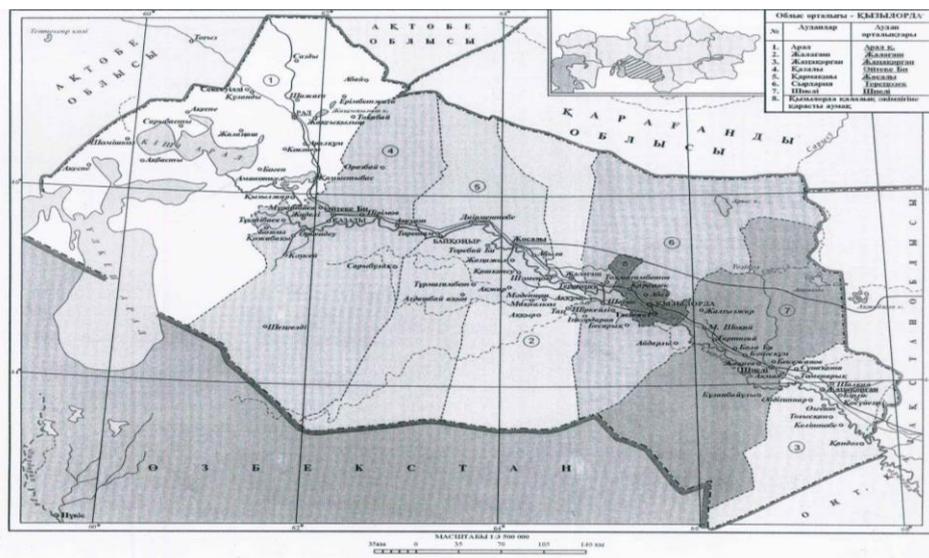
- |            |          |           |
|------------|----------|-----------|
| 1. Бесқопа | 3. Бабан | 5. Шотан  |
| 2. Шолақ   | 4. Ақжар | 6. Бақкөл |

Көптеген көлдердің тағдыры кейінен дәл осылай күйге ұшырады:

- |            |                         |
|------------|-------------------------|
| 1. Қарарым | 3. Байсара              |
| 2. Матай   | 4. Қаракеткен және т.б. |

Қазақ халқының алтын бесігі болған Сырдария алабы мен Іле, Ертіс, Жайық өзендер сағалары әлемінің аса көне өркениет ошақтары – Ніл, Ефрат, антикалық Рим, Эллада мәдениетімен пайда болу кезеңі тұрғысынан қатар тұра алады. Тарихи деректерге байланысты академик Ә.Марғұлан былай деп жазды «... Сырдария өзені ерте дәуірлерден

халықтың қоныс орны болған», - деп. Ол рас, 4-сурет Қызылорда облысының әкімшілік-аумақтық картасынан байқауға болады [8]. Сырдария өзені алабында аудан орталықтары, қалалар мен елді мекендер жиі орналасқан.



4- сурет Қызылорда облысының әкімшілік аумақтық картасы

Жоғарыда берілген суреттер картасы (сур. 1-4) мен кесте мәліметтері көрсеткенде, құрғаған көлдердің мәліметтерінен Арал теңізі аймағының, әсіресе Арал, Қазалы аудандарының гидроним (потамоним, лимноним, гелеоним) мен ойконимдерде (елді мекендер) және т.б. атауларда нақты өзгерістер байқалынады. Ұлттық ономастика мәселесі қазіргі таңда үлкен саяси-идеологиялық мәнге ие болып отыр. Ономастика – мемлекетіміздің үлкен саясатының бір бөлігі. Өйткені мемлекет картасындағы атаулар сол елдің тәуелсіз, азат екенін немесе отар ел екенін бірден байқатады [7]. Елбасы Н.Ә.Назарбаев «Қазақстан болашағы – қазақ тілінде» атты тақырыптағы (Ана тілі № 19 мамыр 11-і – 17-і. 2006. 4-7 бет.) сұқпатта «Қазақстан жер-су аттарын тарихи атауларға негіздеп қалпына келтіруін және айтылуы, жазылуы бұрмаланған елді мекен аттарын ана тіліміздің заңдылығына сай жаңадан түзету аса байыптылықты, терең зерттеуді қажетсінетін іс», - деп негіздеді.

Қазақстанда ономастика комиссиясы тұрақты жұмыс істеп, белгілі бір атауды өзгерту жөнінде байыпты талдау жасап, анықтама жұмысын жүргізгеннен кейін елді мекендерге, көшелерге басқа да физикалық-

географиялық нысандарға атау беруді тек заңға сәйкес өзгертеді. Егемен еліміздің жер-су атаулары өзгеріп, тарихи жағы жаңарған тұста бұл комиссияның атқарған ісі қомақты деп білеміз. Республика бойынша жүздеген елді - мекендер өңірде тұрып жатқан ел-жұрттың ортақ келісімімен, арнайы ұсыныстарымен жаңаша атауға ие болды. Мәселен, Солтүстік Қазақстан облысында *Совет ауданы – Аққайың*, Батыс Қазақстан облысында *Орда ауданы – Бөкей Ордасы, Лениногорск қаласына* ежелгі *Риддер* аты қайтарылды. Мұнымен қоса, көптеген облыстардағы елді мекендер бабаларымыз айдар тағып кеткен жергілікті жердің ландшафт ерекшеліктерін білдіретін географиялық атаулар ажарымен кері табысты [10]. Ал, Арал теңізі аумағындағы атаулардың өзгеруіне емес, жоғалуына кім рұқсат берді? Оған табиғат жауап беретін болса, «Табиғаттың тілі жоқ».

Міне 20-30 жылдың ішінде бір ұрпақтың көз алдында миллион жылдық ғұмыры бар, планетадағы көлдердің арасында көлемі жағынан төртінші орынды иеленген Арал теңізі (Үлкен Арал) бүгінде құрғап барады. Кезінде теңіз айдынына зәкір тастаған кемелер бүгін Үлкен Аралда құм мен улы тұз арасында шіріп жатыр.

Жер шарында қай ұрпақтың тұсында болсын теңіздің тартылып кетуі тәрізді оқиға болмағандықтан, - деді Елбасы Н.Ә.Назарбаев баспасөз мәслихатында, мұндай теңізді қалпына келтірудің ешқандай тәжірибесі жоқ. Сондықтан біздер қалай да Арал теңізін толтыру емес, оның тартылуын тоқтату тұрғысынан ізденуіміз керек. Елбасы Арал апатын ғаламшарлық апат деп атады. Ең қорқыныштысы, деп атап көрсетті, теңіздің құрғап қалған 150 шақырым жағалауындағы ауаға 1 миллион тоннаға дейін тұзды шаңның таралуы. Арал теңізі мәселесі ғаламдық серіктестік пен ынтымақтастық шеңберінде ғана шешімін табу мүмкін.

Призидент Н.Ә.Назарбаевтың жолдауынан туындаған игілікті «Сырдария өзені арнасын реттеу және Арал теңізі солтүстік бөлігін қалпына келтіру» бағдарламасының жоспарлы жұмыстары республика аумағының жағдайын жақсартуда (қуанышты жағдайлар):

1. Қазақстан аумағындағы Кіші Арал теңізі суын 42,0 м абс. Б.Ж. (Балтикалық жүйе) белгіге әкелуге жұмыс жасалды. Ғалым С.Тәуіпбаевтың мақаласында «...2003 жылдардан бастап судың қайтадан көбею жүйесі басталғаны және өте жоғары дәрежеде көбею жүйесі жүргендігі байқалатынын цифрларға зерттеу арқылы мәлімдейді *Kiwi Арал* бөлігінің ауданы 6490 км<sup>2</sup>, көлемі 77,8 км<sup>3</sup>, су тұздылығы 10...12

г/дм<sup>3</sup> болған. **Көкарал бөгетін салу арқылы** кіші Аралдың суы көлемі 27,1 км<sup>3</sup>, ауданы 3288 км<sup>2</sup>. Жоғарыдағы келтірген жоба толық аяқталған кезде Қызылорда су торабынан қыс айларында секундына 450 текшеметр су өткізу қарастырылуда» [11].

2. Сырдария өзенінің (Қазақстан өңірінде) бұрынан қалыптасқан тармақтары Қараөзек пен Жаңадария арнасы, магистралдық каналдар Көксу, Нәнсай және т.б. бұрынғы жобалық су өткізу денгейлеріне жетілдіру жүргізілуде.

3. Қашыртқы-кәріздік жүйелерді қайта қалпына келтіру арқылы жер асты суларын төмен түсіріп, жер бетіндегі тұзды шаю жұмыстарына пайдалануда. Арал-Сырдария аймағының экологиялық тұрақтандыру бағытында ғылыми негізде әдістемелік жұмыстар жасалуда [11].

Еліміздің өміріне кең тыныс, үлкен үміт нышандарын дарытып келе жатқан қазіргі бетбұрыс кезеңінің бір үлкен шарты жаңаша ойлап үйрену делінеді. Олай болса кешегі күндері кеткен ағаттықты бүгін жөндеу – уақыт талабы, елдің түпкілікті мүдесі. Үлкен Арал теңізіне арашашы болу бұл күнде қоғамдық пікірге айналды. Сондықтанда неғұрлым ұтымды ірі шұғыл шаралар қажет. Үлкен Арал (тұздылығы 60 -% асады) теңізін тығырықтан құтқару үшін жүргізіліп жатқан ғылыми зерттеу жұмыстарының (жобалар, болжамдар) нәтижелеріне табыс тілейміз.

Болашақта Арал теңізінің (аумағы) суы айдынына қайта өздігінен табиғи реттелуі немесе толықсыған жағдайда (құрғаған көлдер) жергілікті ономастикалық комиссия географиялық нысандарға тарихи аттаулары қайтарылуын ұсынамыз. Себебі, бұл атаулар талай ғасырдан бері географиялық-тарихы бар Қазақстан геожүйе топонимдері.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Арал тағдыры. Құрастырған М.Құлкенов. - Алматы, 1989. – 272 б.
2. Атраубаева Р.Н. Іле өзені және оның экологиясы. – Алматы, 2003. - 140 б.
3. Бейсенова Ә.С., Самақова А.Б., Есполов А.Б., Шілдебаев Ж.Б. Экология және табиғатты тиімді пайдалану. Оқулық. – Алматы: «Ғылым», 2004. -328 б.
4. Гельдыева Г.В., Веселова Л.К. Ландшафты Казахстана. Алма-Ата: Ғылым, 1992. -174 с.

5. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Аральское море. – Л., 1957. – 195 с.
6. Достай Ж. Арал теңізі. Қазақстан. Ұлттық энциклопедия. 1 том. А-Ә. – Алматы, 1998. - 720 б.
7. Жанұзақов Т., Рысбергген Қ. Қазақ ономастикасы жетістіктері мен болашағы. - Алматы, 2004.
8. Қазақстан. Ұлттық энциклопедия. 5 том. К-Қ. – Алматы, 2003. – 719 б.
9. Мурзаев Э.М. Словарь народных географических терминов.– Москва: «Мысль», 1984. - 653 с.
10. Назарбаев Н.Ә. Қазақстан болашағы – қазақ тілінде. Ана тілі № 19 мамыр 11-і – 17-і. 2006.
11. Тәуіпбаев С. Арал-Сырдария аймағын экологиялық тұрақтандыру тәсілдері. Гидрометеорология и экология. № 2, 2005. 222 - 230 б.

Аркалыкский государственный педагогический институт  
им. Ы.Алтынсарина

## **ИЗМЕНЕНИЯ ТОПОНИМОВ ГЕОСИСТЕМ КАЗАХСТАНА**

Канд. геогр. наук                      А.Е. Аяпбекова

*В статье рассматриваются экологические проблемы Аральского моря. Анализируется роль топонимов в изучении изменений ландшафтов Казахстана, происходящих в результате интенсивного антропогенного воздействия.*

УДК 552.49

**К ПРОБЛЕМЕ ОХРАНЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КЫРГЫЗСТАНА**

Канд.геол.-мин.наук      Б.И. Иманкулов  
Доктор геол.-мин.наук      Дж.Ж Кендирбаева

*Рассмотрено современное состояние наземной и подземной гидросферы Кыргызстана в соответствии с типами гидрогеологических структур. Предложены пути улучшения качества водных ресурсов этого региона, при этом основное внимание уделено влиянию природных и техногенных факторов на формирование и распределение поверхностного стока.*

Водные ресурсы, как одни из самых мобильных компонентов окружающей среды, легко и раньше других природных ресурсов подвергаются техногенным воздействиям. Призрак водного голода уже давно бродит по миру. К началу 70-х гг. прошлого столетия оказалась загрязненной почти 1/6 часть пресных водных ресурсов земного шара. Поэтому проблемы их охраны и рационального использования продолжают оставаться актуальными и жизненно важными задачами современности.

Кыргызстан является одним из мировых резервантов экологически чистой пресной воды, которая законсервирована в горных ледниках. На его территории площадь ледников составляет 8094,5 км<sup>2</sup>, и объем воды - 650 км<sup>3</sup>. Годовой расход талых ледниковых вод, обладающих многими преимуществами, обусловленными строением их кристаллической структуры, составляет 10,37 км<sup>3</sup> в год. Молекулы ледниковой воды диссоциируются в узлах кристаллической решетки льда, избавляясь от солей и других примесей, в связи с чем она становится структурированной, что на клеточном уровне имеет хорошую сходимость со структурой крови человека. По статическим данным большинство долгожителей планеты проживает на территориях, где в течение всей жизни пьют талые воды. Это позволяет допустить о физиологической совместимости талой воды с организмом человека: она служит экологически чистой жидкостью, во-первых, не допускающей в организм вредные примеси, во-вторых, обла-

дающей очищающими от шлаков свойствами и в-третьих, улучшающей функциональную деятельность центральной нервной системы.

Вместе с этим и роль подземных вод в Кыргызстане огромна, особенно для водоснабжения и как весьма существенного дополнительного источника орошения. В этом их значении решающая роль принадлежит водам четвертичных отложений, широко распространенным в наиболее населенных и экономически развитых районах [1]. На территории республики имеются около 20 крупных и 30 более мелких артезианских бассейнов. Из общих естественных ресурсов подземных вод, равных 400 м<sup>3</sup>/с, на долю Чуйского, Таласского и Иссык-Кульского приходится 143 м<sup>3</sup>/с. Одной из основных причин истощения этих ресурсов является загрязнение вследствие антропогенного воздействия: велики потери при водоснабжении (более 20 % от всего объема водозабора) и орошении (70 %). Причем последнее существенно увеличивает проявление процессов вторичного засоления почвогрунтов. Для обоснованных рекомендаций по охране и рациональному использованию водных ресурсов необходима принципиально новая методика исследований, опирающаяся на результаты фундаментальных работ и способная проследить направленность процессов формирования и изменения гидрогеологической обстановки в гидрогеологических разрезах и по площади. Основными факторами, приводящими к изменению показателей подземной гидросферы, являются природные и техногенные процессы и явления. К первым относятся особенности условий водообмена в массивах и артезианских бассейнах, характер взаимосвязи поверхностных и подземных вод и их пространственно-временное распространение, а также процессы развития природных и техногенных факторов. Поэтому горные хребты и межгорные впадины - основные орграфические элементы горно-складчатых областей, рассматриваются как единая природно-экологическая система, где формирование и распределение подземных вод, находится в тесной взаимосвязи и подчиняется общим региональным закономерностям [2]. При этом гидрогеологические массивы служат основной зоной формирования поверхностного стока, часть которого при выходе на равнину, примерно около 70 %, инфильтрируется в отложения сухих дельт горных рек, пополняя ресурсы подземных вод артезианских бассейнов. Следует полагать, что водоносные горизонты четвертичных отложений основное питание получают за счет фильтрационных потерь стока горных рек. Подземный отток за пределы артезианских бассейнов составляет всего 10 % (Чуйский бассейн) или практически

отсутствует (Иссык-Кульский бассейн). Далее в их внутренних частях происходит сложное перераспределение подземного стока. Так, в центральной части Чуйского бассейна, в зоне близкого залегания и испарения грунтовых вод, безвозвратные потери подземного стока за счет испарения составляют 80...90 %. Эти условия являются естественным фоном при формировании подземных водных ресурсов.

Схема функционирования водообмена наземной и подземной гидросферы в пределах горных хребтов и межгорных впадин носит противоположный характер. В первом случае преобладает дренирование подземных вод, формирование и транзитный сток поверхностных вод, а во втором - рассеивание поверхностного и аккумуляция подземного стока. По характеру влияния на формирование и распределение подземных вод выделяются косвенные и прямые факторы. К прямым факторам относится влияние условий эксплуатации гидроэлектростанций и водохранилищ. К косвенным техногенным процессам, интенсивно развивающимся на склонах горных хребтов, относится деградация растительного покрова за счет экстенсивного использования при выпасе скота. Уничтожение растительности ведет к нарушению структуры естественного баланса поверхностных и подземных вод, увеличивается испарение поверхностного стока с оголенных участков, уменьшается доля инфильтрации, а самое главное, нарушается гидрологический цикл.

Такие противоположные закономерные связи в формировании и распределении поверхностных и подземных вод обусловлены геолого-структурным положением и литолого-фациальным строением самих гидрогеологических структур - массивов и артезианских бассейнов. Так, начиная с новейшего этапа геолого-тектонического развития, гидрогеологические массивы представляют собой высоко приподнятые антиклинальные структуры, а артезианские бассейны - глубоко опущенные синклинали. Последние в условиях горно-складчатых областей, ввиду преобладания блокового строения водовмещающих горизонтов и комплексов как в гидрогеологических разрезах, так и по площади часто замкнуты, ограничиваясь региональными тектоническими нарушениями и литолого-структурными барьерами, а также бессточны или полусточны. Именно, региональные условия водообмена в различных типах гидрогеологических структур, проявляющиеся в зависимости от характера взаимодействия между собой и с прилегающими территориями в конечном итоге определяют основные принципы охраны и рационального использования водных

ресурсов. В межгорных впадинах и предгорных прогибах тенденция воздействия прямых техногенных факторов на поверхностную и подземную гидросферу с каждым годом увеличивается. Это бассейны суточного и декадного регулирования, наливные водохранилища, магистральные каналы, орошение, отбор подземных вод, осушение заболоченных участков, внесение органических и минеральных удобрений и ядохимикатов, сброс сточных вод в открытые водоемы и другие процессы, происходящие в сфере взаимодействия человека и природы. Все это создает условия для формирования систем с новыми граничными условиями и со специфическими чертами гидродинамической и гидрогеохимической обстановки.

Воздействие прямых и косвенных техногенных процессов на качественные и количественные состояния водных ресурсов наиболее четко проявляется при изучении содержания азотных соединений - наиболее мобильных показателей антропогенного загрязнения. Речной сток до выхода на равнину не испытывает последствий техногенных факторов: нитраты, в большинстве случаев отсутствуют или их концентрация в 2-3 раза ниже, чем ПДК. В Чуйском бассейне их содержание колеблется от 2...5 до 10...100 ПДК. Это позволяет констатировать, что нитратное загрязнение во впадинах Кыргызстана становится региональным явлением. Итак, на основе анализа гидрогеологических условий и их взаимоотношений с техногенными факторами можно наметить методику оценки охраны и рационального использования вод, основанную на учете того, что межгорные бассейны при бессточном характере водообмена и слабой естественной защищенности водоносных горизонтов становятся активными накопителями загрязняющих веществ. В горных массивах, где доминирует экологически чистый фон водных ресурсов, принципиальным позитивом выступает нивелирование косвенных процессов техногенного воздействия. Это - восстановление и укрепление растительного покрова, одного из природных компонентов аккумулятора влаги. Также положительную роль играют высокогорные водохранилища, предназначенные для накопления дополнительного объема воды.

Для предотвращения негативных последствий влияния техногенеза следует повсеместно внедрять безвредные методы борьбы с вредителями почвы и предусматривать профилактические водоохранные мероприятия, а также необходимо максимальные усилия прилагать для сохранения экологически чистого фона на склонах горных хребтов, где формируется основной объем пресных вод.

В настоящее время подземные воды при существующем характере хозяйственно-производственных взаимоотношений общества с природой постоянно находятся под реальной угрозой загрязнения, особенно нитратами. В подобной обстановке на отдельных участках, где ожидается их неизбежное загрязнение, питьевое водоснабжение следует переориентировать на использование части стока поверхностных вод до ее поступления в подземные горизонты. Для этого он через искусственный инфильтрационный бассейн переводится в подземный сток. Использование речной воды, теряющейся на фильтрацию, для питьевого водоснабжения является радикальным мероприятием в проблеме охраны водных ресурсов Кыргызстана. Техничко-экономические показатели, т.е. рентабельность таких водозаборных сооружений намного выше, чем бурение и эксплуатация скважин.

Еще необходимо отметить, что Кыргызстан - горная страна, которая расположена вдали от морей и океанов, в связи с чем, вся его территория относится к эндемическому региону по зобу. Об этом свидетельствует ежегодный рост больных с йододефицитными нарушениями, причем эта цифра достигла на сегодняшний день 190 тыс. человек. Особенно тяжелое положение наблюдается в горных и отдаленных регионах республики, в связи с чем решение последствий йододефицита и его предупреждение является одной из актуальных задач. Считается установленным, что для борьбы с этим недугом необходимо йодирование пищевых продуктов - поваренной соли. Йод сохраняется в герметичной упаковке соли до одного года, в то время как без герметизации упаковки около 50 % улетучиваются в течение 3-х месяцев, а к 6-му месяцу остаются только следы от него. Более того, в процессе приготовления пищи значительная часть активного йода, находящегося в составе соли, разлагается и приобретает неактивную форму, этим самым не достигается желаемого эффекта. Поэтому подземные воды с содержанием йода 5,0, 14,0 и более мг/л (Бишкек и Кочкор-Ата, Сухой-Хребет и Кочкор) следует использовать для разлива в качестве лечебно-питьевых вод, рекомендуемых для профилактики и устранения йодного дефицита организма.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогеология СССР, Киргизская ССР. –М.: Недра, 1971.–Т.40.–488 с.
2. Иманкулов Б.И. Гидрогеологические условия орошаемых земель Чуйской впадины. – Фрунзе: Илим, 1984. –219 с.

Бишкекский гуманитарный университет им. К. Карасаева, г. Бишкек  
Институт экологии и природопользования при КГПУ им. И. Арабаева,  
г. Бишкек

## ҚЫРҒЫЗСТАН СУ РЕСУРСТАРЫН ҚОРҒАУ ЖӘНЕ ТИІМДІ ПАЙДАЛАНУ МӘСЕЛЕЛЕРІНЕ

Геол.-мин.ғылымд.канд.           Иманкулов Б.И.  
Геол.-мин.ғылымд.докт.       Кендирбаева Дж.Ж.

*Жұмыста Қырғызстанның жерүсті және жерасты гидросферасының қазіргі кездегі жағдайлары гидрогеологиялық құрылымдардың тұрпаттары бойынша қарастырылған. Бұл аймақтың су ресурстарының сапасын жақсарту жолдары ұсынылған, ал төрттік шөгінділердегі жерасты суларының ластану қаупі бар үлескілерде елді мекендерді сумен қамтудың негізіне жерүсті суларының қалыптасу және таралу жағдайларына табиғи және техногенді факторлардың әсеріне және де оның жерасты жағдайына көшіру нобайына көңіл бөлінген.*

УДК 504.4.062.2 (574)

**ОБ АНТРОПОГЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ СТОКА  
ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ РЕКИ ИЛИ**

Ж.К. Турениязова

*В результате строительства и ввода в эксплуатацию Капшагайского водохранилища в низовьях р. Или произошло значительное уменьшение стока взвешенных наносов и мутности воды в период половодья. Установлено, что наряду с этим, в гранулометрическом и химическом составе наносов также произошли коренные изменения.*

До сих пор система мелиорации и гидроэнергетики боролась со стоком взвешенных наносов как нежелательным элементом, который приносит только экономический ущерб. Но резкое сокращение стока речных наносов под влиянием водохранилищ привело к деградации дельты и активизации общего размыва русла. Известно, что сток наносов играет важную роль не только в преобразовании пойменных лугов, но и в продуцировании биогеоценозов [2]. Поэтому в водно-аккумулятивных комплексах, каковой является речная экосистема, роль гидрологического режима, в том числе стока наносов, в создании биогеоценозов и почвообразовании, становится еще более значимой, потому как сам почвенный субстрат является порождением поемного и аллювиального речного потока. Ежегодное или периодическое перекрытие почвы наилком, различным по мощности, механическому и химическому составу, является для растений пойм экологическим фактором большой значимости, оказывающим на них как непосредственное, так и косвенное влияние. С наилком поступают элементы минерального питания, помимо того он воздействует на водно-воздушные свойства почв [6]. Поэтому, изучение антропогенного изменения стока взвешенных наносов р. Или интересно не только с гидрологической точки зрения, но и с точки зрения устойчивого развития речной экосистемы.

Многолетнее регулирование речного стока р. Или Капшагайским водохранилищем привело не только к изменению гидрологического режима в нижнем течении реки, но и к значительному сокращению наносов. В естественных условиях во время половодья с увеличением расходов во-

ды наблюдалось увеличение стока наносов, образовавшихся в результате интенсивного смыва продуктов выветривания тальными водами с поверхности водосбора. Взвешенные наносы накапливались в дельте р. Или в виде наилка, насыщенного органическими и биогенными веществами, которые служили в качестве минерального удобрения для пойменных лугов. Характерное изменение режима стока наносов рек под влиянием крупных водохранилищ рассматривалось А.Б. Авакьяном [4]. По его мнению, ниже плотины наблюдается резкое снижение стока твердых и растворенных веществ. Далее к низовью реки за счет осветления потока эрозионный процесс усиливается, твердый сток возрастает. Наиболее существенно уменьшаются расходы взвешенных наносов во время весеннего половодья. В зимние месяцы расход взвешенных наносов по сравнению с естественными условиями увеличивается. Это обусловлено возрастанием энергии потока и усилением русловой эрозии из-за резкого увеличения расходов воды зимой. Подробное изучение режима взвешенных наносов и их гранулометрического состава трансграничных рек Казахстана в условиях зарегулированного стока проводилось М.Ж. Бурлибаевым [2]. Е.Н. Пивень [5] рассматривала антропогенное изменение стока наносов р. Или за период 1970...1987 гг. С.А. Абдрасилов [1] также особо отметил роль изменения стока наносов на процесс дельтообразования.

Задача данной работы – изучение динамики взвешенных наносов р. Или во внутригодовом и многолетнем ( $P=25, 50, 75, 95\%$ ) разрезе за периоды естественного и нарушенного гидрологического режимов. Исходным материалом для анализа послужили данные многолетних наблюдений, проводимых на сети Казгидромета в створах ур. Капшагай и с. Ушжарма, расположенных ниже водохранилища. Следует отметить, что к периоду естественного гидрологического режима отнесены данные наблюдений за наносами р. Или с 1936 по 1970 гг., в период нарушенного гидрологического режима – 1971...1996 гг. число данных наблюдений уменьшилось, а с 1997 г. практически прекращены наблюдения за стоком взвешенных веществ и мутности воды. Поэтому сравнение многолетней динамики наносов с настоящим временем невозможно.

Результаты сравнительного анализа годового стока наносов и мутности воды за периоды естественного и нарушенного гидрологических режимов р. Или при различных обеспеченностях водности года показывают, что значительное влияние водохранилища проявляется в створе ур. Капшагай (табл.1).

Таблица 1

Влияние Капшагайского водохранилища на изменение стока наносов и мутности воды р. Или

<i>P</i> , %	Период	Сток наносов, млн. т	Мутность, г/м <sup>3</sup>
ур. Капшагай			
25	ЕГР	26,0	1135
	НГР	1,2	5
50	ЕГР	15,0	640
	НГР	0,04	3
75	ЕГР	3,8	285
	НГР	0,2	10
95	ЕГР	8,8	414
	НГР	0,06	6
с. Ушжарма			
25	ЕГР	25,0	870
	НГР	1,0	75
50	ЕГР	17,0	609
	НГР	2,8	215
75	ЕГР	9,8	760
	НГР	3,5	252
95	ЕГР	9,5	525
	НГР	4,4	432

Примечание: ЕГР – при естественном гидрологическом режиме,  
НГР – при нарушенном гидрологическом режиме.

Среднегодовые значения стока наносов и мутности воды независимо от водности года сократились почти на 95...99 %, и связаны с аккумуляцией взвешенных наносов в чаше водохранилища. Например, сокращение стока взвешенных наносов составило: при  $P=25$  % обеспеченности на 24,8 млн. т (95 %),  $P=50$  % - 14,9 млн. т (98 %),  $P=75$  % - 3,6 млн. т (95 %),  $P=95$  % - 8,7 млн. т (99 %). По сравнению с естественным гидрологическим режимом уменьшение мутности р. Или при зарегулированном стоке распределено по водности года следующим образом:  $P=25$  % - 1130 г/м<sup>3</sup> (99,6 %);  $P=50$  % - 637 г/м<sup>3</sup> (99,5 %);  $P=75$  % - 275 г/м<sup>3</sup> (97 %);  $P=95$  % - 408 г/м<sup>3</sup> (98,5 %). Таким образом, уменьшение мутности воды под влиянием Капшагайского водохранилища преобладает независимо от

водности года над показателями стока наносов. Также следует отметить, что значения стока наносов и мутности воды в створе с. Ушжарма увеличиваются, по сравнению со створом ур. Капшагай, за счет общего размыва русла реки. Но тенденция снижения наносов по сравнению с естественным гидрологическим режимом все же прослеживается. Например, сокращение стока наносов и мутности воды составляет: при обеспеченности  $P=25\%$  - 96 и 91,4 %, при  $P=50\%$  - 83 и 65 %, при  $P=75\%$  - 64 и 67 %, при  $P=95\%$  - 54 и 8 %. Максимальное сокращение стока наносов и мутности воды в створе с. Ушжарма отмечается при  $P=25\%$ .

При установлении зависимости между стоком взвешенных наносов и расходами воды важную роль играет не только высотная зональность рассматриваемых створов, подстилающая поверхность водосборной площади и тип питания, но и внутригодовое распределение речного стока, т.е. деление годового цикла водного режима реки на половодье, паводки и межень. В данном случае водность водотока выступает как интегральный показатель, который включает в себя совокупность отдельных факторов, формирующих сток взвешенных наносов [2].

Как показывают результаты анализа, зависимость расхода взвешенных наносов от речного стока  $Q$ . Или при естественном гидрологическом режиме отличается во всех фазах водного режима года теснотой связи, где коэффициент корреляции колеблется в пределах 0,83...0,99. Тогда, как при зарегулировании стока, связь слабая или практически отсутствует, за исключением случая при обеспеченности  $P=75\%$  в створе с. Ушжарма, где коэффициент корреляции составляет 0,90. Связи расходов наносов и речного стока имеют линейную зависимость:

$$R = AQ - B \quad (1)$$

где  $R$  – расход наносов;  $Q$  – расход воды;  $A, B$  – эмпирические коэффициенты.

Значительные изменения произошли в стоке взвешенных наносов в створе ур. Капшагай. Независимо от водности года наблюдается резкое сокращение взвешенных наносов, как в период половодья, так и в межень, связанное с аккумулярованием твердого стока в чаше водохранилища. Например, при обеспеченности  $P=25$  и  $50\%$  сток наносов сократился в период половодья нарушенного гидрологического режима на 99 %, в межень – 95 % (рис.1). Корреляционные отношения отличаются по сравнению с естественным гидрологическим режимом слабой связью ( $r = 0,51$  и  $0,65$ ). Зависимость расхода взвешенных наносов от стока  $Q$ .

Или в створе ур. Капшагай при  $P=50\%$  (рис. 1) для периодов естественного (ЕГР) и нарушенного (НГР) гидрологических режимов имеет вид:

$$R_{\text{ЕГР}} = 1,54Q - 254,6, \quad (2)$$

$$R_{\text{НГР}} = 0,02Q - 3,01. \quad (3)$$

При обеспеченности  $P=75$  и  $95\%$  нарушенного гидрологического режима связи стока взвешенных наносов с расходами воды нет ( $r=0,12$  и  $0,25$ ). Срезка стока взвешенных наносов во время половодья при  $P=75\%$  составляет  $93\%$ , при  $P=95\%$  -  $99,6\%$ ; в межень - соответственно  $91$  и  $92\%$ .

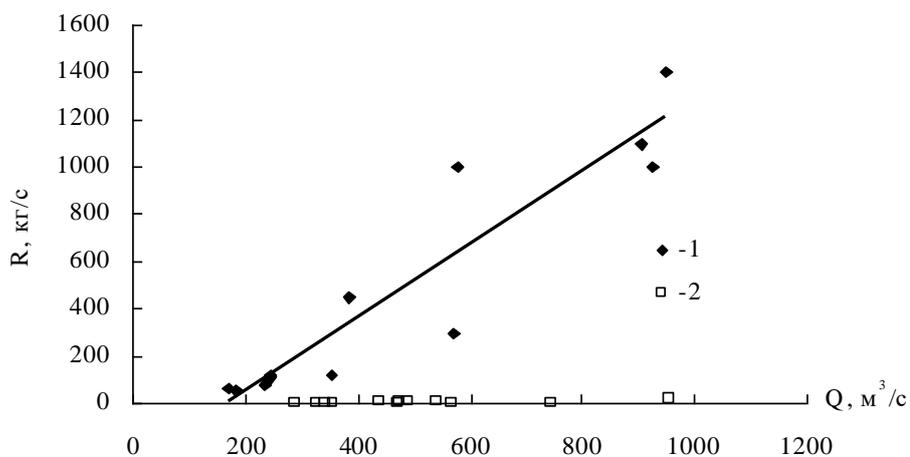


Рис.1. Зависимость расхода взвешенных наносов от стока  $q$ . Или в створе ур. Капшагай при  $P=50\%$ . 1 – период естественного гидрологического режима, 2 – период нарушенного гидрологического режима.

В створе с. Ушжарма значения твердого стока сравнительно с приплотинной зоной возрастают за счет интенсивного размыва русла реки. Но в календарный период половодья, с сокращением речного стока снижается и расход наносов независимо от водности года. При современных условиях наносы сократились по водности года следующим образом: при  $P=25\%$  на  $97\%$ , при  $P=50\%$  на  $87\%$ , при  $P=75\%$  на  $61\%$ , при  $P=95\%$  на  $73\%$ . В период межени снижение наносов фиксируется только при обеспеченности  $P=25\%$ , твердый сток сокращается на  $55\%$  (табл.2).

При обеспеченности  $P=50$  % уменьшение расхода наносов, в среднем, незначительное, а в некоторые месяцы даже отмечаются превышения его над естественными показателями. Тенденция возрастания взвешенных наносов четко проявляется при 75 и 95 % обеспеченности стока. Следует отметить, что при 75 %-ной обеспеченности нарушенного гидрологического режима, установлена тесная связь между твердым и жидким стоком, так же, как в естественных условиях, где коэффициент корреляции составляет 0,90.

Таблица 2

Распределение расходов взвешенных наносов (кг/с) р. Или в период естественного (ЕГР) и нарушенного (НГР) гидрологических режимов при различной водности года.

Створ	P, %	Весенне-летнее половодье		Осенне-зимняя межень	
		ЕГР	НГР	ЕГР	НГР
ур.Капшагай	25	1536	5,8	205	2,6
	50	990	6,6	121	4,0
	75	226	3,8	40	2,5
	95	524	2,3	102	1,8
с. Ушжарма	25	1614	29	186	35
	50	1074	107	149	105
	75	720	121	91	101
	95	590	136	89	146

С изменением стока взвешенных наносов под влиянием Капшагайского водохранилища претерпевает изменение и гранулометрический состав наносов р. Или. Как показывают результаты исследования в среднемноголетнем разрезе, в период половодья преобладают в составе наносов при естественном и нарушенном гидрологических режимах частицы с диаметром менее 0,1 мм. Но в процентных соотношениях произошли резкие изменения, а именно наблюдаются тенденция уменьшения мелких частиц и повышения крупных. Например, при подъеме половодья содержание крупных фракций (диаметр 0,5...0,1 мм) возрастает от 11,5 до 17,8 %, напротив содержание мелких частиц (диаметр менее 0,05 мм) снижается от 69,5 до 63,5 %. В период спада половодья также отмечается аналогичная ситуация. Если в естественных условиях крупные фракции составляли 10,2 %, мелкие фракции (диаметр 0,1...0,01 мм) – 67,2 %, то в настоящее время они составляют 35,9 и 56,7 %. Также следует отметить, что в стоке

наносов в меженный период преобладают частицы с диаметром 0,5..0,05 мм, которые возросли от 28,7 % до 63,8 %. Соответственно наносы с диаметром 0,05...0,01 мм уменьшились от 39,1 % до 36,2 %.

Взвешенные наносы с. Ушжарма с диаметром 0,5...0,1 мм увеличиваются при нарушенном гидрологическом режиме как в период половодья от 16,7 % до 38,3 %, так и в межень от 13,4 до 70,4 %. Констатируемые увеличения крупных фракций наносов происходят на фоне уменьшения мелких фракций с диаметром менее 0,1 мм. В частности, мелкие фракции, составлявшие 83,3 и 86,6 % в периоды половодья и межени, в современных условиях уменьшились до 51,2 % и 29,6 %.

В условиях зарегулирования стока, наряду с изменением гранулометрического состава, также подвергается изменению и химический состав взвешенных наносов. Известно, что при естественном гидрологическом режиме химизм наносов подчинялся химическому составу смываемых пород и гидрохимическому режиму водотока [2]. Такое положение вещей в современных условиях сохраняется только в стоке рек до водохранилищ. В настоящее время под воздействием Капшагайского водохранилища в низовье р. Или произошли изменения в гидрохимическом режиме, то есть независимо от водности года наблюдается рост минерализации воды за счет увеличения концентрации катионов магния, натрия и калия, анионов сульфата и хлоридов, а также уменьшения гидрокарбонатов и кальция [3]. Соответственно, в составе взвешенных наносов содержание солей увеличивается. Также в наносах содержание биогенных веществ и микроэлементов, играющих важную роль в жизнедеятельности речной экосистемы, значительно уменьшилось.

Таким образом, под воздействием Капшагайского водохранилища значительно сократилось поступление в низовье р. Или взвешенных наносов, также изменился их гранулометрический и химический состав. В результате они не представляют ценности, как удобрение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрасилов С.А. Формирование и динамика внутриконтинентальных дельт (на примере р. Или и оз. Балхаш). Автореф. дисс. канд. г.н. – Алматы, 1996. – 39 с.
2. Бурлибаев М.Ж. Сток взвешенных наносов как ключевой элемент устойчивости речных экосистем //Гидрометеорология и экология. – 2003 . - № 3. – С. 45-53.

3. Бурлибаев М.Ж., Турениязова Ж.К. О некоторых результатах изменения гидрологического и гидрохимического режимов реки Или //Экологические проблемы водных ресурсов и орошаемых земель Казахстана: Сб. статей. – Алматы: Қазақ университеті, 2000. – С. 45-54.
4. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. /Под ред. А.Б. Авакян, Г.В. Воропаев. – М: Наука, 1986. – 366 с.
5. Пивень Е.Н. Оценка антропогенных изменений стока основных рек Или-Балхашского региона. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. – Алматы, 1997. – 22 с.
6. Работнов Т.А. Луговедение. – М: МГУ, 1984. – 319 с.

Центр экологического мониторинга окружающей среды РК

### **ІЛЕ ӨЗЕНІНІҢ ЖҮЗБЕ ТАСЫНДЫЛАР АҒЫНДЫСЫНЫҢ АНТРОПОГЕНДІК ӨЗГЕРУІ ТУРАЛЫ**

Ж.Қ. Турениязова

*Қапшағай бөгенінің салынуы мен іске қосылуы нәтижесінде Іле өзенінің төменгі бөлігінде жүзбе тасындылар ағындысы мен су лайлылығының су тасу кезеңінде едәуір төмендеуі анықталды. Сонымен қатар тасындылардың гранулометрлік және химиялық құрамы түбегейлі өзгерістерге ұшыраған.*

УДК 556.33.4.04

**РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПО ХАРАКТЕРУ КОЛЕБАНИЙ  
ГОДОВОГО СТОКА НА ПРИМЕРЕ БЕЛАРУСИ**

Канд. геогр. наук

А. А. Волчек

С. И. Парфомук

*В статье рассмотрены принципы районирования территории Беларуси по синхронности многолетних колебаний годового стока, по условиям колебания стока рек на основе анализа сходства спектральной плотности среднегодовых расходов воды, по характеру годового колебания стока рек с применением аппарата пространственных корреляционных функций.*

В настоящее время проблема гидрологического районирования территории привлекает к себе все большее внимание. Это обусловлено в первую очередь тем, что при нынешней густоте гидрометрической сети определение основных гидрологических характеристик, как правило, осуществляется при отсутствии данных наблюдений. В этом случае необходимо знать общие закономерности и условия формирования стока и его режима, а также его распределение по территории. Поэтому выделение районов с генетически однородными условиями формирования стока, заключающееся в разделении изучаемых объектов на отдельные группы, представляет особый интерес.

Первоначально гидрологическое районирование проводилось на основе анализа физико-географического факторов. Такое районирование было выполнено М. Д. Семеновым-Тянь-Шанским (1925, 1933 гг.) и Рутковским (1933 г.) [1]. Районирование территории по максимальному стоку с учетом климатических факторов принадлежит Д. И. Кочерину (1932 г.), а по модулям максимального стока весеннего половодья – Д. Л. Соколовскому (1937 г.) [2]. В классификационной схеме М. И. Львовича (1938 г.) реки разделялись на районы в зависимости от внутригодового распределения стока по сезонам. Районирование по форме гидрографа годового стока принадлежит Б. Д. Зайкову (1946 г.). К. К. Марков (1947 г.) выполнил гидрологическое районирование, основанное на принадлежности бассейнов рек к различным орографическим областям. Районирование с учетом со-

отношений между элементами водного баланса выполнено В. А. Троицким (1948 г.), а П. С. Кузину (1960 г.) принадлежит гидрологическое районирование с учетом изменения элементов водного баланса. В последнее время гидрологическое районирование рассматривается в работах Л. М. Корытного (1991 г.), А. В. Сикана (1999 г.), С. В. Ясинского (2000 г.), В. М. Саковича (2004 г.) и др.

В настоящее время выполнено несколько видов районирования для территории Беларуси. Это и физико-географическое, ландшафтное [3], а также агроклиматическое районирование [4]. В середине прошлого столетия выполнено районирование территории Беларуси по величине годового стока [5], выделено шесть гидрологических районов, приуроченных к бассейнам основных рек. Однако, проблема гидрологического районирования, в частности для территории Беларуси, еще окончательно не решена. Она является одной из главных задач в гидрологии, поэтому вопросы, связанные с районированием территории по различным характеристикам гидрологического режима, требуют дальнейшего изучения.

#### *Районирование по синхронности многолетних колебаний годового стока*

Для районирования территории был отобран 61 гидрологический створ с тридцатилетними периодами наблюдений – с 1957 по 1986 гг. включительно. Ограничения на размер водосбора не накладывались, но выбор створов проводился с учетом равномерности распределения по территории Беларуси.

Методика объединения гидрологических створов в районы основана на построении матрицы парных коэффициентов корреляции, полученной в результате пространственного корреляционного анализа [6, 7].

В первую очередь корреляционная матрица рассчитывалась для створов с площадью водосбора, превышающей 4000 км<sup>2</sup>, что позволило провести приблизительные границы для предполагаемых районов. После чего парные коэффициенты корреляции были рассчитаны для 61 створа с целью детального уточнения границ.

Процесс районирования представлял собой объединение створов в один район в случае, когда парный коэффициент корреляции превышал необходимый уровень.

При разделении территории на районы учитывалось физико-географическое и ландшафтное районирование Беларуси [3] и положения

водоразделов бассейнов рек страны. Территория Беларуси с выделенными районами синхронных колебаний годового стока приведена на рис. 1.

В результате проведенных исследований можно выделить шесть районов на территории Беларуси в зависимости от синхронности многолетних колебаний годового стока. Первый выделенный район включает в себя 9 створов бассейнов Западного Буга и верховья Припяти – это так называемый юго-западный район. Припятский район (район II) содержит 9 изучаемых водосборов, а III район (юго-восточный) – 10 водосборов Сожа, части Днепра и Березины. Неманский район (район IV) включает 13 исследуемых створов. Пятый район (центральный) содержит 12 створов верховий Березины и Днепра. Район VI (Западнодвинский) включает в себя 8 исследуемых водосборов.

В табл. 1 представлены средние коэффициенты корреляции внутри каждого из выделенных районов и средние коэффициенты корреляции с остальными районами республики.



*Рис. 1. Районы синхронных колебаний годового стока территории Беларуси.*

Средние значения внутрирайонных коэффициентов корреляции изменяются в пределах от 0,70 до 0,81, что говорит о высоком уровне син-

хронности колебаний годового стока для каждой группы створов, выделенных в отдельный район. Средние значения межрайонных корреляционных коэффициентов колеблются в районе 0,50 и не превышают 0,68, что говорит о корректном выделении районов.

Таблица 1

Средние районные и межрайонные коэффициенты корреляции

Номер района	I	II	III	IV	V	VI
I	0,74	0,56	0,44	0,47	0,35	0,34
II		0,70	0,49	0,50	0,47	0,40
III			0,76	0,50	0,68	0,45
IV				0,70	0,57	0,50
V					0,78	0,56
VI						0,81

*Районирование территории по спектральной плотности колебания годового стока*

Для районирования территории отобраны 50 гидрологических створов с пятидесятилетними периодами наблюдений – с 1951 по 2000 гг. включительно.

Методика объединения гидрологических створов в районы основана на анализе сходства изображений спектральной плотности среднегодовых расходов воды [8]. Спектральная плотность рассчитывается для всех гидрологических створов за одинаковый интервал времени по формуле [9]:

$$S(w) = \frac{1}{\pi} \int_0^m \lambda(\tau) r(\tau) \cos(w\tau) d\tau, \quad (1)$$

где  $w=2\pi T$  – круговая частота;  $T$  – период;  $m$  – максимальный сдвиг при оценке ординат автокорреляционной функции;  $\lambda(\tau)$  – сглаживающая функция;  $r(\tau)$  – автокорреляционная функция.

В качестве сглаживающей функции  $\lambda(\tau)$  применялось корреляционное окно Наттола [9]:

$$\lambda(\tau) = \sum_{k=0}^3 a_k \cos[(\pi k \tau) / m], \quad (2)$$

где  $a_k$  – весовые коэффициенты ( $a_0 = 0,364$ ;  $a_1 = 0,489$ ;  $a_2 = 1,137$ ;  $a_3 = 0,011$ ).

Окно Наттола использовалось для упрощения выделения типовых спектров, т. к. его применение позволяет снизить величину шумовой компоненты и получить сглаженный спектр.

Максимальный по длительности период, выделяемый на спектре, не должен превышать 1/3 длины ряда. Уровень значимости пиков назначался из нулевой гипотезы  $H_0$ , т.е. гидрологический ряд представляет собой «белый шум». Доверительный интервал [10] для выборочного спектра в этом случае определяется выражением:

$$\frac{\chi^2_{1-\alpha}}{\nu 2\pi} < S^* < \frac{\chi^2_{\alpha}}{\nu 2\pi}, \quad (3)$$

где  $\chi^2$  – ордината распределения Пирсона;  $\nu$  – число степеней свободы;  $\alpha = 5\%$  – уровень значимости.

Число степеней свободы [9] для окна Наттола при длине ряда  $n$  и максимальном сдвиге  $m$  определяется по следующей формуле:

$$\nu = \frac{5,5n}{m}. \quad (4)$$

В зависимости от вида спектра, территорию Беларуси можно разделить на три типовых района. Первая группа спектров представляет собой гладкую кривую без значимых пиков в высокочастотной области. Она обнаружена у рек бассейна Припяти и Западного Буга и включает в себя 18 из 50 исследуемых водосборов. Типичным представителем этой зоны является спектр временного ряда годовых расходов воды р. Припять – г. Туров (рис.2).

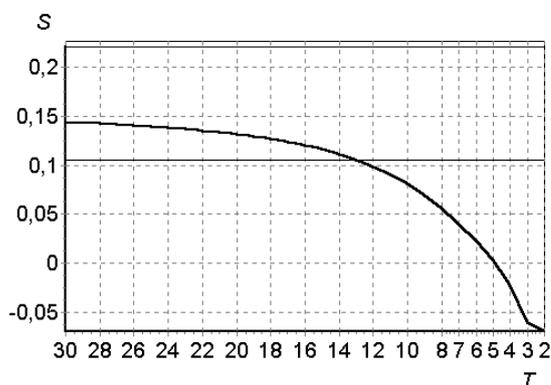


Рис. 2. Типовой для юго-западного района Беларуси (I район) спектр временных рядов годового стока р. Припять - г. Туров.

Для спектра стока рек центральной части Беларуси характерна значимая пятилетняя гармоника. Такой спектр характерен для 19 водосбо-

ров бассейнов Немана, Березины и части Днепра. Типичным представителем этой зоны является спектр р. Сож - г. Гомель (рис. 3).

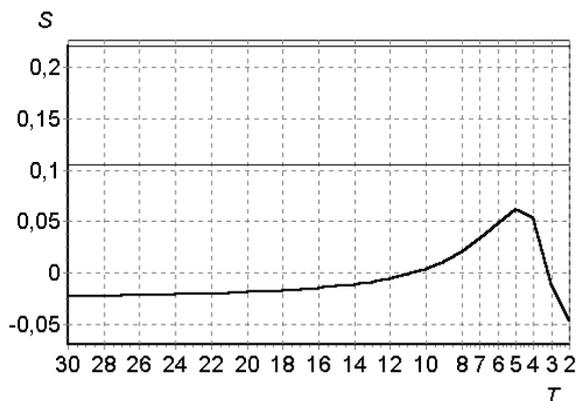


Рис. 3. Типовой для центрального района Беларуси (II район) спектр временных рядов годового стока спектр р. Сож - г. Гомель.

В северо-восточном районе республики находятся 13 изучаемых водосборов, расположенных в бассейнах Западной Двины и верхней части Днепра. Данная группа спектров представляет собой кривую с наличием значимого пика четырехлетнего колебания. Типичный спектр для этого района приведен на рис. 4, соответствующий р. Западная Двина – г. Полоцк.

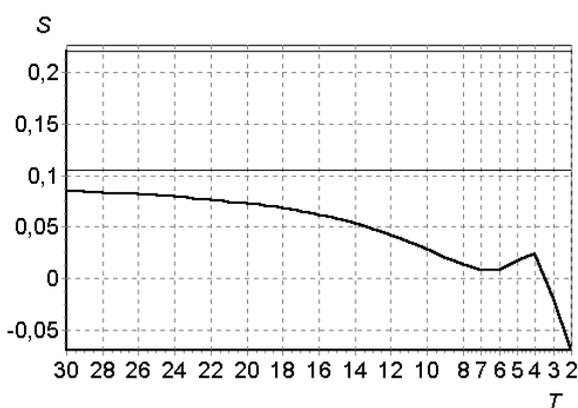


Рис. 4. Типовой для северо-восточного района Беларуси (III район) спектр временных рядов годового стока р. Западная Двина - г. Полоцк.

Разделение территории республики на районы проводилось с учетом форм спектров и ландшафтных особенностей [3], а также положений водоразделов бассейнов рек Беларуси. Территория Беларуси, разделенная

на районы в зависимости от очертаний выборочных спектров среднегодовых расходов воды, приведена на рис. 5.



Рис. 5. Схема гидрологически однородных районов для территории Беларуси.

Районирование территории Беларуси способствовало проведению групповой оценки основных статистических характеристик. Средние значения норм годового стока ( $\bar{q}$ ), коэффициентов вариации ( $C_v$ ), отношений коэффициентов асимметрии и вариации ( $C_s/C_v$ ), а также коэффициентов автокорреляции ( $r(I)$ ), для водосборов трех районов Беларуси приведены в табл. 2.

Значение нормы годового стока имеет ярко выраженную тенденцию к возрастанию от I к III району, т. е. с юго-запада на северо-восток республики. Коэффициент вариации, наоборот, уменьшается от первого района к третьему. Коэффициент автокорреляции и соотношение коэффициентов асимметрии и вариации не имеют подобных пространственных тенденций, но в центральном районе отмечается наименьший коэффициент автокорреляции и наибольшее соотношение  $C_s/C_v$  годового стока.

Норма стока для рек изменяется незначительно и напрямую зависит от площади водосбора ( $A$ ). Таким образом, для определения нормы стока неизученных рек помимо карт изолиний, приведенных в пособиях СНиП

[11], можно рекомендовать зависимости  $Q = f(A)$ , как это показано на рис. 6. Полученная зависимость описывается следующей формулой:

$$Q = \alpha \cdot A + \beta, \quad (5)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от района, представленные в табл. 3.

Таблица 2

Основные статистические характеристики рядов годового стока водосборов Беларуси

Номер района	$\bar{q}, л/(с \cdot км^2)$	$C_v$	$C_s/C_v$	$r(l)$
I	4,50	0,35	2,29	0,26
II	5,82	0,29	4,58	0,07
III	6,63	0,28	2,78	0,18

Таблица 3

Эмпирические коэффициенты и коэффициенты корреляции для различных районов Беларуси

Район	$\alpha$	$\beta$	Коэффициент корреляции
Юго-западный	0,0039	1,854	0,998
Центральный	0,0059	0,736	0,994
Северо-восточный	0,0077	-3,179	0,996
Вся территория	0,0047	9,292	0,953

Сток рек выделенных районов отличается также мощностью долгопериодных составляющих в спектре. Максимальная «степень покраснения» спектра стока рек наблюдается в юго-западном районе. В северо-восточном районе мощность долгопериодных составляющих в спектре ниже, чем в юго-западном районе. В центральном районе «красный шум» наименее выражен.

Выделенные районы сопоставлены с районами, обозначенными при гидрологическом и физико-географическом районировании. С точки зрения гидрологического районирования [5], выявленный северо-восточный район, совпадает с Западно-двинским и Верхнеднепровским бассейнами. Юго-западный район совпадает с Припятским бассейном за исключением территории нижней части Днепра. Выделенный центральный район вклю-

часть Неманский, Централно Березинский, а также почти весь Вилейский и восточную часть Припятского бассейнов.

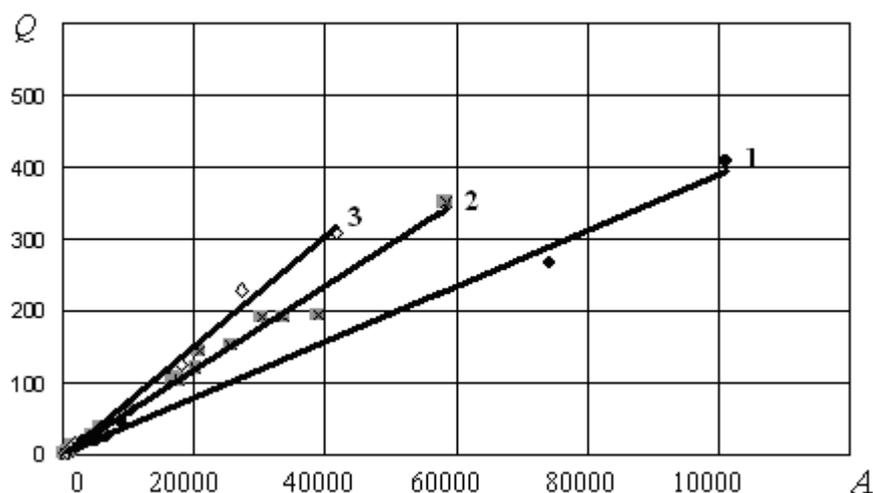


Рис. 6. Зависимость среднего многолетнего расхода воды ( $Q$ ) от площади водосбора ( $A$ ). 1- I район; 2- II район; 3- III район.

Если провести сопоставление с физико-географическими районами [3], то северо-восточный район соответствует Поозерской и Западно-Белорусской провинциям. Центральный район – совокупности Западно-Белорусской, Предполесской и части Полесской провинций, содержащей низовье Днепра. Юго-западный район включает остальную часть Полесской провинции.

Если рассматривать выделенные районы вкуче с районами, выделенными при агроклиматическом районировании [4], то первый район в значительной степени совпадает с южной, второй – с центральной, а третий – с северной агроклиматической областью.

#### *Районирование с помощью пространственных корреляционных функций*

Поля гидрометрических характеристик являются изменчивыми, как в пространстве, так и во времени. Детерминировано задать интересующие нас величины в каждой точке и момент времени невозможно, поэтому гидрологическую величину рассматривают как случайную. Статистический подход требует отказа от попытки отдельного рассмотрения индивидуальных свойств случайного поля. Рассматриваются лишь их статистические характеристики, которые позволяют установить общие особен-

ности, характерные для всего набора реализаций. Эти общие закономерности принято называть статистической структурой случайного поля.

На основе этого, по сравнительно небольшому количеству данных можно судить о свойствах, изучаемой гидрометрической характеристики, в пределах большой территории.

Для описания связи между значениями поля в различных точках, наиболее употребляемыми являются такие характеристики статистической структуры, как корреляционные, ковариационные и спектральные функции. В силу того, что данные функции однозначно связаны между собой и равно пригодны для описания статистической структуры, в настоящей работе предпочтение отдано корреляционным функциям, как более точным и универсальным, отличающимся меньшей зависимостью от изменений географического и сезонного характера.

Любую гидрологическую характеристику, образующую поле, можно описать функцией пространственных координат и времени [12]:

$$M_j = M(x_j; y_j; h_j; t_j) \quad (6)$$

Гидрологическое поле в определенный промежуток времени рассматривается как выборочное значение реализаций случайного поля. Если исходная точка  $M_0(x_0; y_0; h_0; t_0)$ , а любая текущая точка  $M_j(x_j; y_j; h_j; t_j)$ , то коэффициент корреляции для этих точек будет зависеть от 8 переменных и иметь вид:

$$r(0; j) = f(x_0; y_0; h_0; t_0; x_j; y_j; h_j; t_j) \quad (7)$$

Для стационарных полей введем переменную  $\tau = t_j - t_0$  и, считая начало координат в полюсе, введем новые координаты  $X = x_j - x_0$ ;  $Y = y_j - y_0$ ;  $H = h_j - h_0$ . Разностью отметок точек для условий Беларуси, вследствие ее малой величины, можно пренебречь. Полученную пространственную корреляционную функцию (ПКФ) стационарного поля, можно представить следующим образом:

$$r = f(x_0; y_0; X; Y; \tau) \quad (8)$$

Введя полярные координаты  $\rho = \sqrt{X^2 + Y^2}$  и  $\alpha = \arctg\left(\frac{Y}{X}\right)$ , получим:

$$r = f(x_0; y_0; \rho; \alpha; \tau) \quad (9)$$

Для однородных стационарных полей ПКФ не зависит от координат полюса и не меняется при параллельных его перемещениях, т. е.

$$r = f(\rho; \alpha; \tau) \quad (10)$$

Для однородных изотропных полей ПКФ зависит только от расстояния между точками, т. е.:

$$r = f(\rho; \tau). \quad (11)$$

При этом ПКФ принимает одни и те же значения для любой пары точек с одинаковыми расстояниями, т. к. пары точек всегда могут быть совмещены друг с другом с помощью параллельного переноса, вращения и зеркального отображения.

Зафиксировав  $\tau$  и получив ПКФ как функцию  $r = f(\rho)$ , в поле координат  $(r, \rho)$  строится зависимость парных коэффициентов корреляции годовых расходов воды от расстояний между центрами тяжести водосборов. Полученная линия регрессии  $r = f(\rho)$  принимается за истинную зависимость, отвечающую природе пространственной корреляционной связности речного стока. Принималось, что отклонения эмпирических точек от линии регрессии обусловлены случайными флуктуациями выборочных данных [13]. Проверка нулевой гипотезы  $H_0$  на однородность ПКФ осуществлялась с помощью преобразования Фишера:

$$Z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r} + \frac{r}{2(n-1)}, \quad (12)$$

где  $r$  – парный коэффициент корреляции,  $n$  – количество совместных лет наблюдений.

Это преобразование дает хорошие результаты даже при небольшом числе совместных лет наблюдений и высоких значениях  $r$ , а выборочные значения  $Z$  распределены по нормальному закону с дисперсией [13]:

$$\sigma_Z = \frac{1}{\sqrt{n-3}}. \quad (13)$$

Далее рассчитывается количество точек попавших в диапазон  $\pm \sigma_Z$ ;  $\pm 2\sigma_Z$ ;  $\pm 3\sigma_Z$ , которое сопоставляется с теоретическими вероятностями для нормального закона распределения.

Нулевая гипотеза не опровергается и ПКФ считается однородной, если эмпирические и теоретические вероятности оказываются близкими. В противном случае, когда имеет место существенное расхождение эмпирическими и теоретическими вероятностями, нулевая гипотеза опровергается и признается альтернативная гипотеза о неоднородности эмпирической ПКФ. В этом случае исходное поле стока уменьшается.

Исходными данными послужили годовые расходы воды по 82 речным створам за период инструментальных наблюдений. Выбор створов

осуществлялся с учетом равномерного распределения по территории Беларуси. Ограничения на размер водосбора не накладывались.

В первую очередь ПКФ была рассчитана по 3321 парному коэффициенту корреляции, полученным по всем 82 грациям наблюдений. Среднее число совместных лет наблюдений при расчете парных коэффициентов корреляции составляло не менее 20 лет. Оценка однородности ПКФ годового стока рек Беларуси показала, что рассматриваемая функция неоднородна, как это показано на рис. 7.

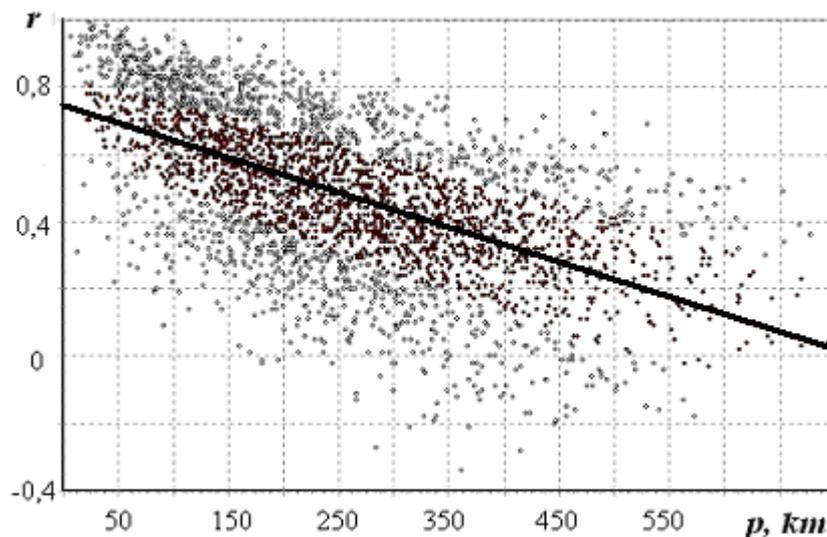


Рис. 7. ПКФ годового стока рек Беларуси (• – эмпирические коэффициенты парной корреляции в диапазоне  $\pm \sigma_z$ ; o – эмпирические коэффициенты парной корреляции в диапазоне  $\pm 2\sigma_z$ ; – – линия регрессии  $r = f(\rho)$ ).

В связи с тем, что исходное поле оказалось неоднородным, оно было разделено на более мелкие районы. В нашем случае для территории Беларуси выделено четыре однородных района, ПКФ которых приведены на рис. 8.

В результате проведенных исследований, подтвердилась гипотеза о четырех однородных районах для территории Беларуси в зависимости от характера колебания годового стока рек.

Для выделенных районов получены зависимости  $r = f(\rho)$ , которые можно представить следующей формулой:

$$r = -\alpha \cdot \rho + \beta, \quad (14)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$  – эмпирические коэффициенты, приведенные в табл. 4.

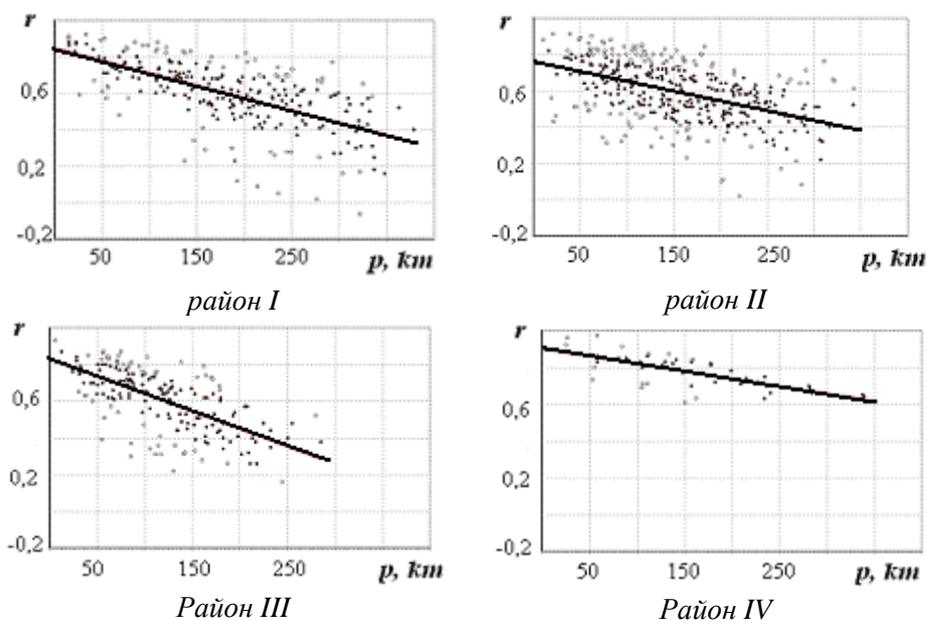


Рис. 8. ПКФ годового стока для однородных районов Беларуси (• – эмпирические коэффициенты парной корреляции в диапазоне  $\pm \sigma_Z$ ; o – эмпирические коэффициенты парной корреляции в диапазоне  $\pm 2\sigma_Z$ ; – – линия регрессии  $r = f(\rho)$ ).

Таблица 4

Эмпирические коэффициенты и коэффициенты корреляции для различных районов Беларуси

Район	$\alpha \cdot 10^{-2}$	$\beta$	Коэффициент корреляции
I	0,135	0,844	0,64±0,04
II	0,107	0,758	0,49±0,04
III	0,189	0,830	0,65±0,04
IV	0,082	0,901	0,71±0,07

Первый выделенный район включает в себя 23 речных створа бассейнов Западного Буга и Припяти. Второму району соответствуют 29 водосборов Днестра. Район III содержит 20 речных створов Немана, а четвертый район включает 10 водосборов Западной Двины.

Районирование территории Беларуси в зависимости от характера многолетних колебаний годового речного стока приведено на рис. 9.



*Рис. 9. Однородные районы по многолетним колебаниям годового стока рек Беларуси.*

Таким образом, выполнена первая попытка районирования годового стока на территории Беларуси по трем критериям: по синхронности многолетних колебаний годового стока, по условиям колебания стока рек на основе анализа сходства спектральной плотности среднегодовых расходов воды, по характеру годового колебания стока рек с применением аппарата пространственных корреляционных функций. Результаты трех видов районирования представлены на соответствующих картосхемах. Для выделенных районов по синхронности многолетних колебаний предложены модели определения годового стока мало изученных рек Беларуси. Для четырех районов с однородной ПКФ получены зависимости коэффициента корреляции от расстояния между водосборами.

Установленные различия в структуре многолетних колебаний годового стока рек Беларуси целесообразно учитывать при совершенствовании методов расчета и прогноза речного стока неизученных и слабо изученных рек Беларуси.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов А. А., Чеботарев А. И. Очерки развития гидрологии в СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 310 с.
2. Филенко Р.А. Гидрологическое районирование Севера европейской части СССР. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. – 223 с.
3. Марцинкевич Г.И., Клицунова Н.К., Счастливая И.И., Якушко О.Ф. Теоретические проблемы и результаты комплексного географического районирования территории Беларуси // Выбранные научные работы БДУ. У сямі тамах. – Том 7. – Мн.: БДУ, 2001. – С. 332 – 356.
4. Изменение климата Беларуси и их последствия / В. Ф. Логинов, Г.И. Сачок, В. С. Микуцкий, В. И. Мельник, В. В. Коляда; Под общ. ред. В. Ф. Логинова; Ин-т пробл. использования природ. ресурсов и экологии НАН Беларуси. – Мн.: ОДО «Топик», 2003. – 330 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеоздат. – Т.5. – ч.1., 1966. – 718 с.
6. Сакович В. М. Районирование территории Северо-Запада Карелии по синхронности многолетних колебаний минимального летне-осеннего стока // Водные ресурсы Северо-Западного региона России. – С.-Пб., 1999. – С. 29 – 31.
7. Исследование и расчеты речного стока / Под ред. В.Д. Быкова. – М.: Издательство московского университета, 1981. – 228 с.
8. Дружинин В. С., Сикан А. В. Районирование территории Северо-Запада РФ по условиям формирования годового стока // Водные ресурсы Северо-Западного региона России.- С.-Пб., 1999. – С. 24 – 29.
9. Марпл - мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
10. Кайсл Ч. Анализ временных рядов гидрологических данных / Пер. с англ. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – 138 с.
11. Пособие к строительным нормам и правилам. П1-98 к СНиП 2.01.14-83 Определение расчетных гидрологических характеристик. Пособие к СНиП 2.01.14-83.- Мн.: РУП «Минсктиспроект», 2000. – 174 с.
12. Казакевич Д. И. Основы теории случайных функций и ее применение в гидрометеорологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 320 с.
13. Рождественский А. В., Чеботарев А. И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 424 с.

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси,  
Брестский государственный технический университет

## **БЕЛАРУСИЯ АЙМАҒЫНДА ЖЫЛДЫҚ АҒЫННЫҢ ҚҰБЫЛУ ӨЗГЕШЕЛІГІ БОЙЫНША ТЕРРИТОРИЯНЫ АУДАНДАСТЫРУ**

Геогр. ғылымд. канд.

А.А. Волчек

С.И. Парфомук

*Мақалада Белорусия аймағын жылдық ағынның көпжылдық өзгерушілігінің синхрондылығы, судың орташа жылдық шығынының спектральды тығыздығының ұқсастығын талдау негізінде өзеннің ағынының өзгешілігі, кеңістік-корреляциялық функциялар аппаратарын қолдану арқылы өзен ағынының жылдық құбылу өзгергіштігі бойынша аудандастыру принциптері қарастырылған.*

УДК 556.114

**ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРОЕКТИРУЕМОГО  
ВОДОХРАНИЛИЩА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ  
ГРЭС НА ОЗЕРЕ БАЛХАШ**

Канд. геогр. наук	С.М. Романова
Доктор техн. наук	А.А. Турсунов
Канд. хим. наук	Г.С. Кунанбаева
	Г.В. Таранина
	И.В. Романова

*Приведены данные по изменению химического состава воды озера Балхаш (пос. Улькен) при сооружении водохранилища-охладителя проектируемой Южно-Казахстанской ГРЭС. Выявлены различные гидрохимические и гидробиологические процессы, приводящие к ухудшению качества воды.*

Казахстан является самым малообеспеченным водными ресурсами государством среди стран СНГ. Более 60 % территории РК расположено в аридной зоне, имеющей низкую увлажненность и крайне неравномерную распределенность водных ресурсов. Растущие потребности общества в воде и энергии обуславливают необходимость сооружения крупных гидротехнических объектов. Гидротехническое и энергетическое строительство сопряжено с реконструкцией существующих и созданием новых водоемов и водотоков.

Предусмотрено сооружение Южно-казахстанской ГРЭС мощностью 4000 МВт на оз. Балхаш у поселка Улькен. Техническое водоснабжение предусматривается оборотное, с созданием водохранилища-охладителя, путем отсечения глухими плотинами части акватории оз. Балхаш и поднятия уровня воды в ней на 2,0 м. Наполнение будет пусковым, а эксплуатационная подпитка водохранилища-охладителя и охлаждение вращающихся механизмов – водой из оз. Балхаш с помощью насосной станции подпитки. Поддержание постоянной минерализации воды в водохранилище-охладителе предусмотрено за счет его продувки с испарением продувочной воды в водоеме – испарителе, расположенном в 30 км от промышленной площадки ГРЭС.

Сотрудниками кафедры неорганической химии КазНУ им. аль-Фараби изучался гидрохимический режим водохранилища-охладителя (ВО) ЮК ГРЭС с момента его сооружения [1-3].

Минерализация воды ВО в начальный период исследования, т.е. в весенний период 1990 г. составила 1,17 г/л, к лету она уменьшилась до 0,96...1,07 г/л. В весенний период среднесезонное значение составило 1,18 г/л. Максимальные значения минерализации (1,09...1,24 г/л) обнаружены в западной части водохранилища. Выявлено, что по минерализации вода озера в 1990 г. (1,06...1,18 г/л) практически не отличается от минерализации воды водохранилища (0,97...1,18 г/л).

Преобладающими ионами в воде водохранилища и озера являются  $Na^+ + K^+$  и  $SO_4^{2-}$  - ионы с повышенным содержанием хлоридов и магний – ионов. Индекс воды по О.А. Алекину  $S_{II}^{Na}$  не меняется в течение всего исследуемого периода. Меньше всего в воде содержится ионов кальция (1,93...2,16 ммоль/л экв.) и гидрокарбонат–ионов (3,13...4,16 ммоль/л экв.). За пять лет исследований установлено, что общая минерализация воды постепенно возрастает из года в год от 1,10 до 2,33 г/л, что связано с водностью года и влиянием гидротехнического строительства (сооружение плотины). Во все годы в системе: поверхностный слой – природный слой наблюдается ярко выраженная вертикальная стратификация минерализации, причем наибольшая минерализация отмечена в районе острова Оджебекарал.

В межгодовом цикле минерализация воды оз. Балхаш остается на относительно постоянном уровне, наблюдается лишь некоторое ее снижение от зимы к лету. Особенности гидрологического режима водохранилища и его геоморфология в значительной степени определяют сезонную динамику главных ионов. Их содержание в воде водохранилища варьировало в больших пределах. Среднесезонные концентрации ионов  $Ca^{2+}$  изменялись от 34,5 до 52,4,  $Mg^{2+}$  от 66,5 до 157,0,  $Na^+ + K^+$  от 223,0 до 537,  $HCO_3^-$  от 218,5 до 267,  $CO_3^{2-}$  от 18,3 до 30,  $SO_4^{2-}$  от 351,6 до 947 и  $Cl^-$  от 175,5 до 396 мг/л. Обращает на себя внимание тот факт, что увеличение содержания всех названных ионов происходит не равномерно. Так, особо отличаются  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$  и  $Ca^{2+}$  - ионы. Если в 1991 г. концентрация  $Ca^{2+}$  ионов возросла на 6,3, а  $CO_3^{2-}$  на 6,4 мг/л по сравнению с 1990 г., то в 1992 г. отмечено снижение их концентрации, соответственно, на 8,3 и 1,7

мг/л. Это снижение наблюдалось до 1993 г. По-видимому, с 1992 г. начался процесс хемогенной садки карбоната кальция. Ранее был экспериментально доказан факт процесса карбонатообразования и карбонатонакопления в воде оз. Балхаш. Этим процессам способствуют: особенности химического состава воды питающих притоков, повышенные значения температуры и  $pH$  (8,40...9,50) воды самого озера, особенно в летний период, фактическое отсутствие  $CO_2$  в воде, наличие органического вещества в достаточном количестве, пересыщенность воды относительно  $CaCO_3$ , мелководность водоема, хорошая прогреваемость и перемешиваемость водных масс (эмерджентность), протекание различных внутриводоемных процессов.

С 1994 г. концентрация  $Ca^{2+}$  и  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$  ионов опять возрастает в связи с подпиткой водохранилища водой из оз. Балхаш. Сезонные изменения значений  $pH$  обусловлены в основном смещением карбонатно-кальциевого равновесия в прямом или обратном направлениях.

Исследование атмосферных осадков (снега) территории ЮК ГРЭС (рис.1) в 1991 г. показало, что минерализация колеблется от 35 до 57 мг/л, причем наиболее загрязнен снежный покров восточной дамбы (1 станция).



Рис. 1.- Схема ВО ЮКРЭС с пунктами отбора проб воды, донных отложений и почв. о – пункты отбора проб воды;  $\Delta$  - донных отложений;  $\diamond$  - почв; о1 – Восточная; о2 – Северная; об – Западная; о3 – струенаправляющая плотина.

В районе 6 станции были отобраны образцы льда, минерализация которых (53 мг/л) несколько выше средней минерализации (43 мг/л) снежного покрова территории ГРЭС. В 1992 г. снег территории ГРЭС содержал от 27 до 72 мг/л минеральных солей, а на оз. Балхаш – 36 мг/л. Снежный покров территории ГРЭС и в 1992 г. более загрязнен в районе 1 станции (72 мг/л) и на территории ПОКа (68 мг/л).

При исследовании химического состава почвогрунтов береговой линии водохранилища–охладителя выявлено, что общее содержание солей колеблется в пределах от 0,08 до 8,38 г/100 г. Почвы в районе о. Оджебекарал и южной части водохранилища относятся к солончакам, т.к. общее содержание солей (1,61...8,38 г/100 г) в этих образцах превышает 0,25 г/100 г абсолютно сухой почвы. Почвы береговой линии засолены, в основном, легкорастворимыми солями и с весенними паводковыми водами поступают в водохранилище, что подтверждает факт повышенной минерализации воды в этих районах водоема.

Газовый режим водохранилищ аридных зон формируется под влиянием многих факторов, основными из которых являются: интенсивное ветровое перемешивание водных масс из-за мелководности, разнообразные гетерогенные процессы экосистем «атмосфера – вода – ил – растение – животные», внутриводоёмные гомогенные и гетерогенные гидрохимические и гидробиологические реакции, взаимодействие воды с породами и почвами залитого ложа, жизнедеятельность организмов, антропогенное воздействие и т.д. Интенсивность, указанных факторов, изменчива не только в годичном цикле, но и в отдельные сезоны, месяцы и даже в течение суток. Особо важная роль в водоёмах рыбохозяйственного назначения принадлежит таким газам, как кислород и диоксид углерода.

В весенний и осенний периоды вода водохранилища характеризуется довольно высоким содержанием кислорода. Так, в весенний период его концентрация колеблется в среднем от 8,7 до 11,1 мг/л (92...112 % насыщения), осенью от 10,9 до 13,5 мг/л (91...122 % насыщения). Это связано с повышенным обменом кислорода между водой и атмосферой при относительно низких температурах (2,5...17 °C), а также уменьшением скорости процессов окисления в толще воды.

В летний период, когда вода водоёма прогревается до температуры 21...27 °C, содержание кислорода уменьшается до 7,0...9,2 мг/л. Как правило, в период летней стагнации (август) вода ненасыщенна кислородом и процент насыщения достигает всего 79...91 %. Интенсивное ветровое пе-

ремешивание водных масс обуславливает равномерное распределение кислорода по акватории водохранилища. Обращает на себя внимание тот факт, что во все периоды максимальное содержание кислорода наблюдается на 3 станции (район струенаправленной дамбы). По данным 1990-1994 гг. кислородный режим водохранилища удовлетворительный для развития в нём органической жизни.

В воде водоёма растворённой углекислоты обнаружено не было, что связано с процессами фотосинтеза, при которых  $CO_2$  ассимилируется. Это, в свою очередь, приводит к снижению и даже полному ее исчезновению в поверхностных водах.

Значения  $pH$  воды водохранилища и оз. Балхаш в 1990-1991 гг. колеблются в близких пределах (8,30...8,60). С 1992 г. значения  $pH$  воды водохранилища становятся выше на 0,2 ед. зимой, 0,1...0,3 ед. весной, 0,2...0,7 ед. летом и 0,1...1,3 ед. осенью, чем в воде оз. Балхаш. Это обусловлено замедленным водообменом из-за сооружения плотины.

В последние годы в результате углубленного исследования внутриводоёмных процессов, их влияния на качество воды и гидрохимический режим водохранилища, изучению состава органических соединений уделяется большее внимание [2]. Органическое вещество постоянно присутствует в природных водах.

Содержание органических веществ оценивалось по перманганатной (ПО), бихроматной (БО) окисляемости и органическому углероду. Окисляемость поверхностных вод обычно подвержена значительным сезонным колебаниям. Наиболее высокие значения ПО и БО в воде водохранилища-охладителя наблюдались весной и достигали в разные годы, соответственно, 22,9 и 57,8 мгО/л. Величина ПО и БО в этот период превышает 40 %, т.е. в воде находилось большое количество окрашенных гумусовых соединений. К лету, как правило, значение ПО уменьшается до 4,2...15,5 мгО/л, а БО возрастает до 43,0...76,1 мгО/л. В большинстве случаев для ПО чётко прослеживается вертикальная стратификация: в придонных пробах воды значение ПО больше (10,9...29,6 мгО/л), чем в поверхностных (5,6...15,2 мгО/л).

Одним из важных интегральных показателей содержания органических веществ (ОВ) является растворённый органический углерод ( $C_{орг}$ ). В связи с тем, что в воде протекают одновременно два процесса – синтез ОВ и их деструкция, содержание  $C_{орг}$  в воде водохранилища на разных участках в одно и то же время весьма различно. Наши исследования пока-

зали, что максимальные средние концентрации  $C_{орг}$  наблюдаются в летний период (51,0...57,0 мг/л), что связано с наибольшей фотосинтетической деятельностью фитопланктона. Весной и осенью средние концентрации  $C_{орг}$  значительно ниже (22,6 мг/л). Здесь происходит интенсификация процессов деструкции и минерализации органических соединений, приводящая к снижению содержания  $C_{орг}$ .

Основным источником поступления органических веществ в оз. Балхаш является река Или, вода которой насыщена (16,6...70,4 мг/л) органическим углеродом. Водные массы открытой части оз. Балхаш (за плотиной ЮК ГРЭС) в первый год наблюдения содержат  $C_{орг}$  в пределах 19,4...32,4 мг/л, что несколько меньше, чем в этот же период в воде водохранилища. В 1991 г. наблюдалась обратная картина: в воде оз. Балхаш содержание  $C_{орг}$  было больше, чем в воде водохранилища.

Биогенные элементы, поступающие в водоем с водой рек, атмосферными осадками, промышленными и хозяйственно – бытовыми сточными водами, стоками с сельскохозяйственных угодий и накапливающиеся в нем в результате внутриводоемных процессов, определяют качество воды природных и искусственно создаваемых водоемов, используемых в различных хозяйственных целях.

В водохранилищах, прошедших стадию становления, определяющими факторами содержания биогенных веществ являются следующие процессы: продукционно – деструкционные, седиментации, комплексообразования, окисления-восстановления и сорбции – десорбции.

Концентрация биогенных веществ в воде будущего водохранилища-охладителя изменяется в широких пределах по сезонам года, акватории и его глубине. Минеральные соединения азота поступают в водоем главным образом с поверхностным стоком. Они легко усваиваются фитопланктоном и переходят в белковый азот. Из всех форм азота преобладающей формой в воде водохранилища является аммонийный азот. Его концентрация в зависимости от сезона года варьирует от 0 до 1,98 мг/л, в среднем составляя 0,11...0,47 мг/л. В отличие от других форм азота ( $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ), содержание которых в вегетационный период часто снижается до нулевых значений, концентрация аммонийного азота варьирует в довольно высоких пределах (0,07...0,76 мг/л) для этого периода. Особенно значительное его накопление (0,19...0,63 мг/л) происходит в придонных слоях воды в местах с низким содержанием растворенного кислорода (насыщение 78 %). Для аммонийного азота характерна вертикальная стратифика-

ция с увеличением его содержания в придонных слоях воды. Однако в отдельные годы (1994 г.) она выражена слабо в связи с малой глубиной водоема и сильным ветровым перемешиванием водных масс. Распределение аммонийного азота по акватории водохранилища отличается неоднородностью. Так, летом оно зависит в основном от распределения фитопланктона: на участках нарушенного водообмена и разлагающегося планктона содержание  $NH_4^+$  ионов, как правило, выше. Наибольшие его концентрации обнаружены в северо-восточных частях и районе о. Оджебекарал (станции 1, 2, 5) и подвержены сезонным колебаниям.

Максимальное содержание ионов аммония обнаружено в осенне-зимний период (0,31...0,34 мг/л), минимальное – весной (0,17 мг/л). За пятилетний период наблюдений четко прослеживается уменьшение среднегодовых концентраций аммонийного азота.

Содержание азота нитратов в воде водохранилища в зависимости от сезона года варьирует в пределах 0,0...0,222 мг/л. Максимальное содержание нитратного азота наблюдается в зимний и весенний периоды, минимальное – осенью. В летний период нитратный азот интенсивно поглощается фитопланктоном, поэтому его содержание в воде водохранилища незначительно и не превышает сотые или тысячные доли миллиграмма на 1 литр (0,0...0,024 мг/л). К осени в результате ослабления биологических процессов и усиления циркуляции водных масс, содержание нитратного азота увеличивается (0,003...0,024 мг/л). Отсутствие нитратов и низкое их содержание в летний период является характерной особенностью богатых фитопланктоном водоемов. В последний год исследования содержание нитратов уменьшилось до 0,007 мг/л, т.е. в 4,3 раза по сравнению с 1990 г. Это говорит об усилении процессов денитрификации, приводящих к увеличению «цветения» воды водоема.

Что касается нитритного азота, то он является промежуточным продуктом трансформации азотосодержащих соединений. На их концентрацию оказывают влияние процессы нитрификации, денитрификации и потребление их непосредственно фитопланктоном.

Указанные процессы динамичны, вследствие чего трудно отметить какие – либо закономерности в распределении нитритов по акватории водохранилища и их сезонной динамике. За весь период исследования концентрация нитритного азота колеблется в пределах от 0,0 до 0,074 мг/л). В межгодовом цикле выявлено, что содержание нитритного и нитратного азота подвержено значительным изменениям.

Фосфор является одним из главных биогенных веществ, определяющим продуктивность водоема. Он встречается во всех живых организмах и регулирует энергетические процессы клеточного обмена. В природных водах фосфор присутствует в виде неорганических и органических соединений. Значительная часть поступающего в водоемы фосфора сорбируется взвешенными в воде частицами или взаимодействует с ионами железа и кальция, образуя нерастворимые комплексные соединения. В зависимости от сезона года концентрация фосфора в воде водоема ЮК ГРЭС варьирует в пределах от 0,006 до 0,125 мг/л. В большинстве случаев наблюдается увеличение содержания фосфора от весны к лету. Весной во время половодья, когда уровень воды в водохранилище достигает максимума, концентрация фосфатов увеличивается до 0,012...0,037 мг/л, что связано с притоком талых вод, содержащих большое их количество. В летний период среднее содержание фосфатов остается почти на прежнем уровне и составляет 0,020...0,046 мг/л (поверхностные слои воды) и 0,038...0,075 мг/л (придонные слои).

Осенью с понижением температуры воды до 10...16 °С, скорости процессов минерализации, а также усилением циркуляции воды концентрация фосфатов снижается до 0,019 мг/л. В межгодовом цикле прослеживается тенденция к увеличению содержания фосфатов в воде водохранилища от 0,018 в 1990 г. до 0,054 мг/л в 1994 г. В распределении фосфатов по глубине наблюдается стратификация в летний период. При штилевой погоде происходит значительное их накопление в придонных слоях до 0,075 мг/л за счет минерализации остатков отмершего планктона и усиления процессов десорбции фосфора из донных отложений. За исследуемый период содержание фосфора в воде ВО не превышает ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения.

Являясь биологически активным элементом, железо в определенной степени влияет на интенсивность развития фитопланктона и качественный состав микрофлоры в водоеме. За изученный период (1990–1994 гг.) под влиянием внутриводоемных процессов произошла седиментация железа и его аккумуляция в донных отложениях. Все это привело к снижению содержания этого металла в воде водохранилища: уменьшились как предельные, так и среднегодовые его концентрации. Среднегодовая концентрация железа снизилась от 0,59 мг/л (1990 г.) до 0,176 мг/л (1994 г.). Этот факт указывает на улучшение качества воды водохранилища–охладителя но, тем не менее, наблюдается превышение ПДК по железу.

зу в среднем в 4 раза. В сезонной динамике выявлено, что максимальные содержания его приходятся на летне–осенний период, минимальные – на весну. При рассмотрении системы «поверхностный слой – придонный» в распределении железа по глубине наблюдается вертикальная стратификация: у дна содержание железа на 0,115...2,163 мг/л больше, чем у поверхности. Таким образом, в придонных слоях происходит аккумуляция растворенного и взвешенного железа.

Для понимания круговорота железа в водохранилище, представляют интерес данные о его содержании в донных отложениях, где основными факторами являются значения *pH* и окислительно-восстановительные процессы. Содержание железа в донных отложениях составляет 9,4...19,5 г/кг абсолютно сухой почвы. Аккумулированное в донных отложениях железо при смене окислительных условий на восстановительные способно сравнительно легко переходить в подвижное состояние, а затем в толщу воды и таким образом пополнять его запасы в водной толще.

Кремниевые соли, как азотистые, азотные и фосфорные, являются питательными веществами для обитающих в водоеме водных организмов, хотя их роль по сравнению с минеральными формами азота и фосфора менее значительна. Содержание кремния в воде водохранилища за исследуемый период колеблется от 0,5 до 6,5 мг/л. Минимальные концентрации обнаружены в весенний период, а к осени они увеличиваются. Наблюдается практически равномерное распределение кремния, как по акватории водохранилища, так и в сезонной динамике. В межгодовом цикле концентрация кремния в воде водохранилища уменьшается (от 4,9 мг/л в 1990 г. до 2,9 мг/л в 1994 г.).

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что запас биогенных веществ в воде водохранилища–охладителя значителен в течение всего периода исследования. В пользу изложенных выше фактов по гидрохимии биогенных элементов говорят гидробиологические исследования на ВО ЮКГРЭС в первые годы его существования (1992, 1993 гг.). В них отмечается значительное развитие высшей водной растительности на начальном этапе формирования его режима. Так, в 1993 г. было выявлено 27 видов водных растений, в том числе 22 вида настоящих гидрофитов, а 5 – гелофитов (воздушно – водные растения). Расчет годовой продукции макрофитов на единицу площади в мелководной западной части водохранилища составляет 577 ц/га, восточной – 107 ц/га, по водохранилищу в среднем – 244 ц/га, что почти в 2 раза больше аналогичного показателя

для близлежащих заливов оз. Балхаш. Гидробиологические исследования доказали увеличение концентрации органики. Кроме того, расчет средне-сезонного значения индекса сапробности (1,70...1,96) позволяет отнести водохранилище за период 1992–1993 гг. к умеренно загрязненным, бета – мезосапробным, а индекса по организмам зоопланктона (0,85...1,33) – к водоемам с экстремальными условиями существования. Необходимо отметить также уменьшение роли ветвистоусых ракообразных, являющихся тонкими фильтраторами, что неблагоприятно сказывалось на самоочистительной способности водоема.

Для оценки экологической обстановки экосистем ЮКГРЭС в многолетнем цикле был изучен режим и динамика тяжелых металлов (*Cu, Zn, Mn, Pb, Cr, Cd, Sr*) в воде водохранилища, донных отложениях, почвогрунтах береговой зоны и атмосферных осадках [3].

Из всех тяжелых металлов медь является наиболее изученной с точки зрения поведения в водоемах, а также биологического и токсикологического воздействия на организмы. Медь относится ко второй группе компонентов речного стока, основной формой миграции которых является раствор.

Способность меди мигрировать в виде легкоподвижных растворимых соединений в условиях высокого окислительно-восстановительного потенциала и *pH* объясняется тем, что медь в отличие от других металлов практически не подвергается гидролизу.

Содержание меди в воде ВО варьирует в широких пределах (0,5...112,0 мкг/л), составляя в среднем по сезонам года: зимой – 15,2; весной – 11,3; летом – 20,4; осенью – 24,9 мкг/л (табл. 1). За пять лет наблюдений среднегодовая концентрация меди постепенно возрастала от 2,3 в 1990 г. до 34,6 мкг/л в 1994 г. Если среднемноголетняя (1990–1994 гг.) концентрация меди в воде оз. Балхаш составляла 12,5 мкг/л, то в ВО она возрастает до 19,8 мкг/л. Вертикальная стратификация меди четко не проявляется.

Концентрация цинка в воде ВО колеблется в больших пределах (1,0...360 мкг/л), составляя в среднем по сезонам года: зимой – 83,3; весной – 42,3; летом – 50,7; осенью – 36,2 мкг/л. С начала сооружения плотины (1990 г.) концентрация цинка постепенно возрастала от 22,9 до 78,7 мкг/л в 1992 г., а с 1993 г. наблюдается снижение содержания цинка от 67,7 до 39,2 мкг/л. Сравнивая содержание цинка в воде оз. Балхаш в отдельные сезоны года с аналогичными данными в воде ВО, отчетливо вид-

но его увеличение в замкнутом водоеме. Так, возрастание содержания цинка наблюдается весной на 4,3; летом – на 20,5; осенью – на 16,8 мкг/л. Лишь в зимний период содержание цинка в воде ВО на 6,2 мкг/л меньше, чем в оз. Балхаш. Среднеголетняя концентрация цинка в воде ВО в 3,7 раз больше (46,5 мкг/л), чем в воде оз. Балхаш (12,5 мкг/л).

Таблица 1

Среднегодовые предельные концентрации тяжелых металлов в воде водохранилища-охладителя ЮК ГРЭС, мкг/л

Год	Zn	Cu	Mn	Pb	Cr	Cd	Al	Sr
1990	14,5...48,5	0,5...4,5	18,0...198	0	1,1...6,0	0,1...3,9	0	200...1200
1991	1,0...54,0	0,5...30,0	9,0...499	0...10,5	0...18,5	0,1...18,5	0...260	38...1650
1992	15,5...360	4,0...44,0	7,0...2760	0,2...3,0	0,3...5,5	0,5...8,0	0...195	42...1192
1993	13,0...204	1,0...112	7,0...58,0	0,4...2,5	0,5...3,2	0,4...4,5	0...186	105...1350
1994	5,0...136	1,0...108	11,0...102	0,8...6,0	0,6...6,2	0,9...9,0	5,0...307	230...1410
Ср. зн.	46,5	19,8	92,6	2,3	2,9	2,2	42,7	691

В отличие от меди, для цинка прослеживается четкая вертикальная стратификация: в глубинных пробах воды содержание цинка на 6,0... 69,6 мкг/л больше, чем в поверхностных пробах воды.

Марганец, как медь и цинк, также распределен по акватории ВО неравномерно (7,0...2760 мкг/л), причем максимальное содержание (2,8 мг/л) обнаружено в глубинных пробах воды летом 1992 г. Для марганца отчетливо проявляется вертикальная стратификация: с увеличением глу-

бины возрастает его содержание на 7,9...1310 мкг/л. Наибольшая среднесезонная концентрация марганца (58,0 мкг/л) приходится на весну, наименьшая (18,5 мкг/л) – на летний период.

До 1993 г. шло интенсивное накопление марганца в воде ВО (от 79,5 до 225,0 мкг/л). В последующие два года отмечается снижение среднегодовой концентрации марганца до 29,4 и 36,2 мкг/л. Однако расчет среднесезонной концентрации марганца в воде ВО и оз. Балхаш показал, что в замкнутом водоеме она в 2,1 раза больше, чем в самом оз. Балхаш.

Стронций является преобладающим из всех изученных микроэлементов во все сезоны года, на его долю приходится 76...82%. Разница между максимальной и минимальной концентрациями составляет в разные годы 1000...1245 мкг/л. Для стронция максимальное содержание (701 мкг/л) выявлено весной, минимальное (353 мкг/л) – зимой.

Свинец, наиболее токсичный элемент, в 1990г. не обнаружен, а в последующие годы его содержание колеблется в пределах от 0 до 10,5 мкг/л. Постепенного накопления свинца из года в год не наблюдается. Содержание свинца отличается относительной стабильностью по сезонам года: зимой – 1,7; весной – 2,1; летом – 2,6; осенью – 2,2 мкг/л. По сравнению с оз. Балхаш в воде ВО происходит накопление свинца на 0,4... 0,9 мкг/л. Для свинца в штилевую погоду летом в отдельных пробах выявлена вертикальная стратификация.

Содержание хрома в воде ВО колеблется в пределах 0...18,5 мкг/л при среднесезонной концентрации 2,9 мкг/л, в то время как в воде оз. Балхаш она составляет 1,8 мкг/л. Также, как свинец, изменение среднесезонных концентраций хрома происходит в близких пределах (2,6...2,9 мкг/л). Четкого накопления хрома из года в год в воде ВО не наблюдается.

Одним из источников соединений кадмия в поверхностных водах являются процессы выщелачивания из почв и поступление их в результате разложения водных растений. Кроме того, кадмий обладает кумулятивными свойствами. Пределы варьирования содержания кадмия составляют 0,1...18,5 мкг/л. Среднесезонная его концентрация равна 2,2 мкг/л против 1,6 мкг/л в воде оз. Балхаш. Наибольшая среднесезонная концентрация кадмия (4,1 мкг/л) отмечена зимой, наименьшая (1,2 мкг/л) – весной. В большинстве глубинных проб воды ВО содержание кадмия меньше (на 0,2...1,3 мкг/л), чем в поверхностных.

Содержание алюминия изменяется в пределах 0...307 мкг/л. Из года в год происходит постепенное увеличение его концентрации: 30 мкг/л в 1991 г. и 58,0 мкг/л в 1994 г.

Для воды водохранилища-охладителя изученные микроэлементы–металлы располагаются в следующий ряд:  $Sr \rangle Mn \rangle Zn \rangle Al \rangle Cu \rangle Cr \rangle Pb \rangle Cd$ ; для оз. Балхаш:  $Mn \rangle Zn \rangle Cu \rangle Cr \rangle Pb \rangle Cd$ .

Увеличение концентрации металлов в воде водоемов связано с их десорбцией из донных отложений, поступлением из почвогрунтов береговой зоны, с атмосферными осадками, с грунтовыми водами. Этому способствует интенсивное ветровое перемешивание водных масс, мелководность и прогреваемость воды. Снижение содержания токсикантов обычно происходит за счет их сорбции минеральными соединениями (соли, гидроксиды) илов и донных отложений, а также потреблением фитопланктоном и другими живыми организмами.

Из неметаллов в 1990 г. изучен режим бора, брома и йода. Бор в воде ВО (220...980 мкг/л), р. Или (200 мкг/л), протоки Ир (230...400 мкг/л) и оз. Балхаш (520 мкг/л) является преобладающим, причем наибольшие его концентрации отмечены в весеннее время. Установлена тесная связь между содержанием бора и общей минерализацией воды: с увеличением суммы солей увеличивается содержание бора. Брома в воде водоемов ВО и оз. Балхаш в среднем, соответственно, в 3,8 и 4,6 раза больше, чем йода. В реках же содержание брома и йода одного порядка.

Исследования тяжелых металлов в донных отложениях оз. Балхаш, проведенные ранее (1988–1989 гг.), показали, что на всех участках дна содержание металлов было существенно высоким и близким к уровням загрязнения донных отложений водоемов индустриальных зон. Основная доля тяжелых металлов приходилась на светло – серые илы, занимающие большие площади дна, а также черные с примесью растительного детрита и песка. В грунтах западной части озера, где доминируют светло – серые илы, в исследуемый период присутствует: цинка – 82,2 мг/кг, меди – 55,0 мг/кг, кадмия – 2,52 мг/кг, свинца – 47,0 мг/кг сырой массы.

Роль донных отложений в формировании гидрохимического режима водоемов замедленного стока наиболее значительна в отношении тяжелых металлов. Среди многочисленных и разнообразных внутриводоемных процессов именно седиментационные и сорбционно-десорбционные играют определяющую роль в их судьбе. На основании собственных натуральных наблюдений на водохранилище установлено, что

донные отложения являются хранилищем основных запасов соединений тяжелых металлов.

Преобладающими элементами в донных отложениях ВО являются железо (9,4...19,5 г/кг) и марганец (0,24...0,46 г/кг). Концентрация остальных металлов колеблется в пределах: цинка 37,2...115,0; меди 25,0...46,7; свинца 23,8...43,0; хрома 15,0...71,2; кадмия 0,75...1,92 мг/кг сухой почвы. Сопоставляя данные среднегодовых концентраций тяжелых металлов, можно заключить, что относительной стабильностью в условиях ВО обладает медь (35,4...42,3 мг/кг), кадмий (1,41...1,53 мг/кг), свинец (33,3...39,9 мг/кг) и марганец (0,32...0,52 мг/кг). Содержание остальных металлов изменяется в больших пределах ( $\Delta = 9,0...28,8$  мг/кг). Так, для цинка отчетливо проявляется постепенное снижение среднегодовой концентрации от 79,2 мг/кг в 1991 г. до 50,4 мг/кг в 1994 г., т.е. для цинка здесь созданы благоприятные условия для его вымывания. Хром также вымывается из донных отложений. Если в 1991 г. его концентрация составляла 43,9, то к 1991 г. она снизилась до 27,6 мг/кг.

Тяжелые металлы в донных отложениях ВО можно расположить по их среднегодовой концентрации в следующий ряд:  $Fe \rangle Mn \rangle Zn \rangle Cu \rangle Pb \rangle Cr \rangle Cd$ .

Донные отложения оз. Балхаш (у п. Улькен) также были исследованы на содержание тяжелых металлов в 1993 и 1994 гг. Как и для ВО, здесь преобладающими являются железо (9,0...24,5) и марганец (0,22...0,56 г/кг), далее по убывающей концентрации располагаются цинк (32,5...60,0), свинец (20,0...45,0), медь (8,0...40,0), хром (15,6...32,8) и кадмий (0,75...1,75 мг/кг).

Исследование почв береговой зоны ЮК ГРЭС на содержание тяжелых металлов показало, что почвогрунты являются дополнительным источником их в воде ВО. За пятилетний период наблюдения выявлено, что наиболее загрязненными являются почвы южной части водохранилища-охладителя и о. Оджебекарал: по меди (25,2 и 25,3), цинку (58,0 и 56,4), кадмию (0,91 и 1,71), хрому (17,3 и 15,3 мг/кг) и марганцу (0,38 и 0,36 г/кг), соответственно. По убывающей концентрации тяжелые металлы почв береговой зоны располагаются в такой же ряд, что и тяжелые металлы в донных отложениях.

Анализируя среднегодовое содержание тяжелых металлов в воде ВО, донных отложениях и почвах, можно заключить, что все эти элементы экосистемы загрязнены токсикантами, а их концентрации одно-

го порядка для большинства металлов. Кроме того, илы в большей степени загрязнены тяжелыми металлами и действительно являются «хранилищами» токсикантов.

Анализ атмосферных осадков (снега и льда) территории ЮК ГРЭС также показал их загрязнение тяжелыми металлами, которые вносят определенный вклад в запасы этих компонентов в воду водохранилища.

Таким образом, проведенные исследования позволили заключить, что в связи с ограниченностью водообмена с оз. Балхаш, вода ВО стала интенсивно засоляться не только минеральными компонентами, биогенными веществами, микроэлементами, органическими веществами, но и произошло ухудшение гидробиологических показателей, приведшее в конечном итоге к «цветению» воды и бурному зарастанию водоема тростником и другой высшей водной растительностью, снижению самоочищительной способности воды. В связи с этим, дирекции ЮК ГРЭС была выдана рекомендация: до ввода агрегатов в эксплуатацию в восточной и западной плотинах предусмотреть каналы (отверстия) для циркуляции водных масс за счет притока воды из озера. Гидробиологи из МОиН РК предлагали дополнить это мероприятие, применив метод биологической мелиорации с помощью растительноядных рыб.

В настоящее время эти каналы прорыты: вмонтированы трубы большого диаметра у основания плотин. Все это позволило снизить общую минерализацию воды и несколько улучшить качество воды водохранилища, что отчетливо видно по результатам химического анализа проб воды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романова С.М., Казангапова Н.Б. Озеро Балхаш – уникальная гидро-экологическая система.- Алматы: ДООИВА Братство, 2003.- 175 с.
2. Таранина Г.В., Стуге Т.С. К оценке токсикологической обстановки на водохранилище-охладителе ЭГРЭС-1 // Материалы научно-практической конференции «Вопросы интенсификации охотничьего и рыбного хозяйства».- Алма-Ата, 1989.- С . 29.
3. Романова С.М., Кунанбаева Г.С. Некоторые аспекты загрязнения водной среды Казахстана тяжелыми металлами. // Материалы международного симпозиума «Химическая наука как основа развития химической промышленности Казахстана в 21 веке».- Алматы, 2001. - С. 283.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби  
Институт географии МОН РК

**ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН СУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ СУ  
ҚОЙМА-СУЫТҚЫШЫН ЖАБДЫҚТАУДА БАЛҚАШ ӨЗЕНІ  
СУЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ӨЗГЕРТУ**

Геогр. ғылымд.канд.	С.М. Романова
Техн. ғылымд. докт.	А.А.Тұрсынов
Хим. ғылымд. канд.	Г.С. Құнанбаева
	Г.В.Таранина
	И.В.Романова

*Жобалаудағы Оңтүстік Қазақстан су электр станциясының су қойма-суытқышын жабдықтауда Балқаш өзені суының химиялық құрамын өзгерту туралы мәліметтер берілген. Судың сапасын төмендететін әртүрлі гидрохимиялық және гидробиологиялық процестер байқалды.*

УДК 502:622.882

**О ВЛИЯНИИ ГЛУБОКОГО КАРЬЕРА РУДНИКА  
ШАТЫРКУЛЬ НА ПРИРОДНЫЕ ВОДЫ**

Канд. с. – хоз. наук Ю.М. Попов

В.Р. Кубаев

Е.А. Тажмагамбетов

*Показано образование техногенной депрессионной воронки в связи с глубоким врезом карьера и локальное загрязнение вод этой зоны по данным производственного мониторинга окружающей среды.*

Современное состояние окружающей среды рудника Шатыркуль в научной печати не освещалось.

Основным критерием качества природных вод являются предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ.

Отбор проб карьерных вод из водовыпуска на рельеф и наблюдательных режимных скважин осуществлялся ежемесячно, гидрохимические анализы выполнялись лицензированной лабораторией ПО «Балхашцветмет» по стандарту предприятия.

**Условия формирования подземных вод региона**

В начальный период разработка месторождения выполнялась открытым способом до глубины 100 м. Карьер вытянут с северо-востока на юго-запад, общая протяженность его по верху 1900 м, ширина 140 м. В настоящее время он представляет искусственную вертикальную дренаж.

Территория рудника Шатыркуль приурочена к западному склону Кендыктасских гор и расположена в междуречье Теректы-Шатыркуль. Водотоки Теректы и Шатыркуль относятся к бассейну реки Шу. Указанная водораздельная часть представлена слегка наклонной к западу полого всхолмленной равниной.

Климат резко континентальный. Среднегодовое количество осадков составляет 368 мм. Особенностью климата является преобладание ветров двух направлений: западного, обычно небольшой силы, и восточного, нередко очень большой силы.

Карьер пересекают несколько логов, в одном из которых находился родник, который являлся началом р. Майтас. В данное время родник пересох и исток р. Майтас появляется как временный водоток в период интенсивного таяния снежного покрова на удалении 1,5 км западнее естественного понижения – испарителя сбросных шахтных вод (рис. 1). Его постоянный исток находится в 2,5 км от этого понижения. Южнее карьера в 800 метрах протекает река Шатыркуль.

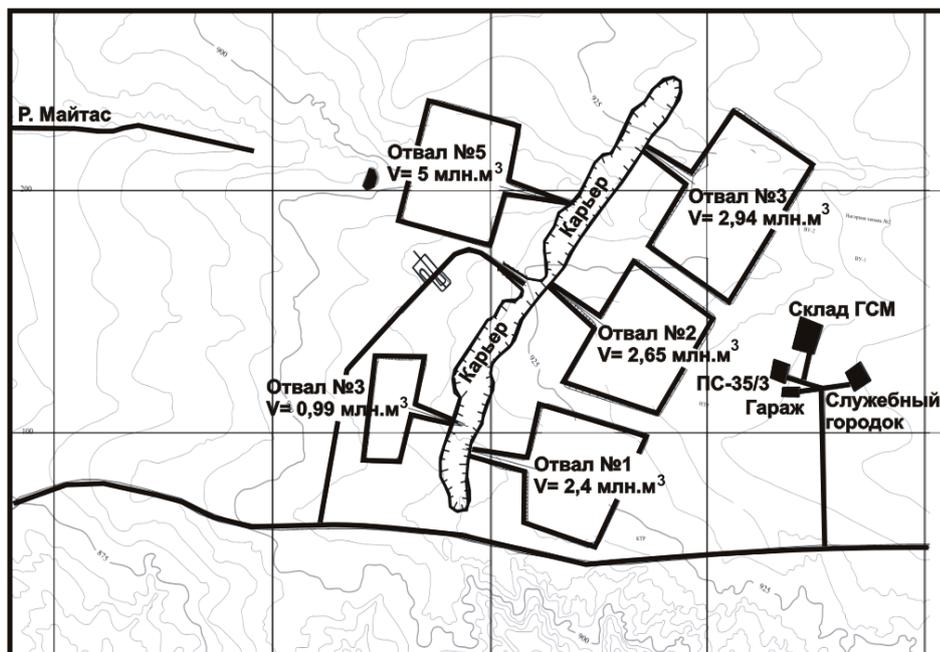


Рис. 1. Схема расположения объектов рудника Шатыркуль.

Исследуемый район находится в специфических гидрогеологических условиях. Он расположен на платообразном нагорье с абсолютными отметками 840...950 м. Здесь распространено три типа подземных вод:

- подземные воды зоны открытой трещиноватости гранитных пород;
- подземные воды зоны открытой трещиноватости кварцевых сиенито-диоритов;
- подземные воды рудных зон.

Первые два типа подземных вод характеризуются слабой водообильностью (дебиты не превышают десятых долей л/с). Коэффициент фильтрации гранитов колеблется от 0,0001 до 0,0167 л/сутки, в кварцевых сиенито-диоритах от 0,0048 до 0,088 м/сутки [1,4].

Подземные воды первого типа распространены в южной части месторождения, второго типа – в северной и западной его частях.

Химический состав подземных вод как рудных, так и вмещающих пород, сравнительно постоянный. Химизм их, в основном, сульфатно-гидрокарбонатный. Минерализация в большинстве случаев составляет 1,0...2,5 г/дм<sup>3</sup>. Общая жесткость колеблется от 2,18 до 42,3 мг/экв. дм<sup>3</sup>. Подземные воды до разработки месторождения относились к слабокислым, нейтральным или щелочным (*pH* 6,5...7,5).

Шахтные воды с помощью электрического центробежного насоса (ЦНС –180-90) через вентиляционный ствол выкачиваются на дневную поверхность на западный борт карьера. Вода по канаве стекает на рельеф в естественное понижение. Режим отведения вод – периодический.

Согласно расчету на стадии проектирования, ожидаемый приток подземных вод в карьер равен 3,62 млн. м<sup>3</sup>/год. Фактический объем карьерных вод меньше и годовой сброс их на рельеф составляет около 1524 тыс. м<sup>3</sup> [5].

Специальные гидрогеологические материалы о дренирующей роли карьера не известны. Однако исток ручья Майтас опустился более чем на 1,5 км вниз по течению именно по этой причине.

В шахтных водах абсолютно преобладают сульфаты (табл. 1).

Таблица 1

Состав гидрохимических компонентов (мг/дм<sup>3</sup>)

<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Mo</i>	<i>Pb</i>	<i>Fe</i>	<i>НП</i>	<i>ВВ</i>	<i>SO<sub>4</sub></i>	<i>Cl</i>
Шахтные воды								
0,49	0,13	0,16	0,13	0,40	0,18	106	1137	110
Скважина 2								
0,18	0,13	0,02	0,08	0,27	0,10	107	1 113	79
Скважина 3								
0,119	0,104	0,021	0,109	0,108	0,071	117	302	48
<b>ПДК</b>								
<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,25</b>	<b>0,03</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>		<b>500</b>	<b>350</b>

Реакция среды в шахтных (карьерных) водах слабощелочная, величина *pH* изменяется от 7,08 до 8,4. Содержание меди, цинка, молибдена, железа и хлоридов ниже санитарных уровней. Отмечается повышенное содержание свинца. Однако, это не техногенное загрязнение, а проявление провинциальных гидрогеологических особенностей территории.

Постоянное присутствие нефтепродуктов обусловлено утечками горюче-смазочных материалов из технологических механизмов и транспортной техники.

Превышение содержания по сульфатам более чем в 2 раза в шахтной и подземной воде из скважины № 2 свидетельствует об имеющем место современном процессе загрязнения. Это хорошо заметно при сравнении этих данных с так называемым фоном – скв. № 3 (рис. 2).

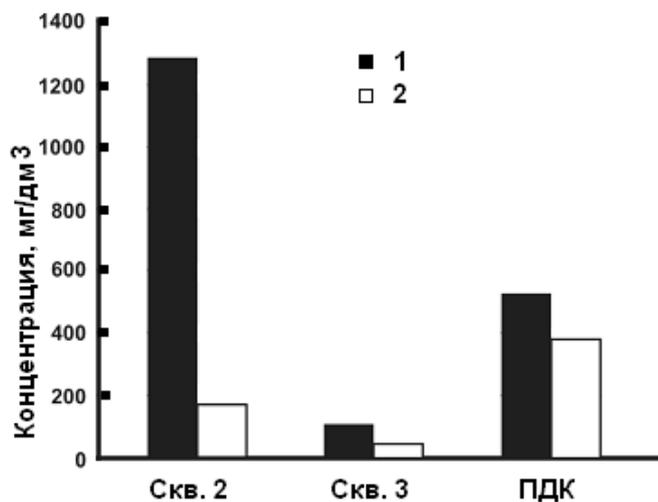


Рис. 2. Содержание сульфатов и хлоридов в подземных водах (скв. №2) в сравнении с ПДК и фоном (скв. № 3).  
1 – сульфаты; 2 – хлориды.

По типу химизма и содержанию большинства ингредиентов шахтные и подземные воды довольно близки. Необходимо отметить, что эти воды являются радиационно-безопасными для персонала и окружающей среды. Они могут использоваться в технических целях и для смачивания карьерных и подъездных дорог в периоды сухой и жаркой погоды.

### Влияние карьера на подземные воды

Влияние рудника Шатыркуль на подземные воды связано с дренирующей ролью карьера, глубина которого составляет около 100 м. На рис. 3 представлена схема возможного оборота в системе горные породы → шахтные → подземные воды.

Сравнение среднегодовых концентраций гидрохимических ингредиентов в скважине № 2, которая характеризует зону загрязнения, с принятым фоном, показывает, что качество подземных вод ухудшается за счет

сульфатов и, в гораздо меньшей степени, хлоридов. Остальные растворимые компоненты подземных вод незначительно превышают фоновые концентрации. Только содержание свинца в фоновой скважине сохраняется выше соответствующих концентраций в загрязненной воде. Возможно, в данном случае проявляются специфические черты локальных гидрохимических аномалий в условиях антропогенных воздействий на геологическую среду при добыче медных руд [5].

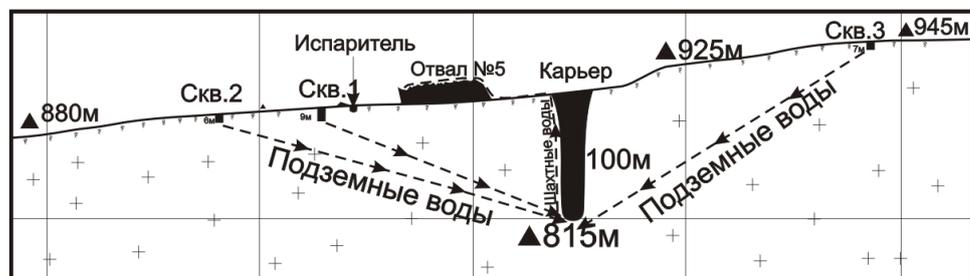


Рис. 3. Схема влияния карьера на подземные воды.

Откачиваемая шахтная вода по водоводу подается на западный откос породного Отвала 5 и по уклону стекает в естественное понижение, которое выполняет функцию временного пруда-испарителя. Количественные гидравлические связи в системе дренирования подземных вод карьером и шахтой выявить на данном этапе мониторинговых исследований не представляется возможным из-за значительных расстояний между наблюдательными скважинами и отсутствием сети глубоких наблюдательных скважин и разноглубинных пьезометров.

Дренирующее влияние карьера подтверждается тем, что исток ручья Майтас переместился на запад на 1,5 км.

Фоновое состояние подземных вод характеризуется скважиной № 3 и оно сохраняется по отношению к скважине № 2 (табл. 2). Гидрохимический состав воды в скважинах 4, 5 и, естественно, 227 (водозаборная), сохраняется практически на «фоновом уровне», так как они располагаются южнее в пределах регионального потока подземных вод, который движется на запад. Поэтому участие этих скважин в процессах водооборота в системе шахтные → подземные воды исключается.

Основная площадь природно-техногенной депрессионной воронки находится под карьером, отвалами вскрышных и вмещающих пород. В связи с уклоном местности она вытянута в западном направлении примерно на 1 км, прерывая грунтовый поток, подпитываемый ручей Майтас.

Таблица 2

Среднегодовые концентрации ингредиентов за 2004-2005 гг. в подземной воде скв. № 2 по сравнению с принятым фоном (скв. № 3)

Ингредиент	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>		Отклонение, + / -
	скв. № 2	фон	
Взвешенные вещества	123,38	123,17	+0,21
Сульфаты	1253,61	140,61	+1113
Хлориды	78,68	14,81	+63,87
Нефтепродукты	0,08	0,06	+0,02
Железо	0,19	0,06	+0,13
Медь	0,20	0,17	+0,03
Цинк	0,16	0,11	+0,05
Свинец	0,10	0,12	-0,02
Молибден	0,03	0,03	0
Мышьяк	0,03	0,02	+0,01
<i>pH</i>	7,45	7,45	0

Влияние карьера и шахты на подземные воды ограничивается сферой этой техногенной депрессионной воронки, в пределах площади которой и происходит основной цикл оборота загрязненной воды.

Несмотря на постоянную подпитку из фоновых зон, воды, задействованные в описанной природно-техногенной системе оборота, имеют повышенную минерализацию. В процессе прохождения отдельных звеньев системы горные породы → шахтные → подземные воды происходят безвозвратные потери на испарение, транспирацию и фильтрацию на границах депрессионной воронки. Повторные контакты с породами и рудами повышают концентрации растворенных ингредиентов, особенно сульфатов. Процесс испарения способствует общему повышению минерализации воды [2, 6]. А компенсирующий безвозвратные потери воды на испарение региональный фоновый поток является одновременно и разбавителем загрязненных вод. В целом природно-техногенная депрессионная воронка служит барьером распространения растворенных загрязнителей по потоку грунтовых и поверхностных (ручей Майтас) вод.

В Казахстане открытым способом добываются руды цветных и черных металлов, уголь и другие ископаемые. При разработке карьеров обычно возникают проблемы откачки сбросных вод и их взаимодействия при этом с другими компонентами окружающей среды. Эти проблемы ждут своих исследователей.

## Выводы

1. Карьерные (шахтные) воды рудника Шатыркуль отличаются повышенным содержанием анионов  $SO_4$ . Сульфатный тип химизма этих вод обязан как техногенному загрязнению, так и проявлениям провинциальных гидрогеологических особенностей данной территории.

2. Под карьером и отвалами вскрышных и вмещающих пород сформировалась техногенно-природная депрессионная воронка подземных вод вследствие дренирующего влияния карьера глубиной 100 м. Эта воронка вытянута в западном направлении по направлению регионального потока. По этой причине постоянный исток ручья Майтас переместился на 1,5 км на запад.

3. В западной части возникшей депрессионной воронки образовался природно-техногенный кругооборот: сбрасываемые шахтные (карьерные) → подземные (откачиваемые) воды. В пределах площади этого водооборота распространено сульфатное засоление. За счет оборота карьерные → подземные воды загрязнение почти не распространяется по региональному потоку подземных вод.

4. В Республике Казахстан разрабатывается много полезных ископаемых открытым способом. Поэтому вопросы взаимодействия карьерных, поверхностных и подземных вод требуют пристального внимания гидрогеологов и экологов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогеология СССР, том XXXVI, Южный Казахстан. – М.: Недра, 1970. – 396 с.
2. Гольдберг В., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. – М.: Недра, 1984. – 262 с.
3. Отчет о производственном мониторинге окружающей среды рудника Шатыркуль Жамбылской области. – Алматы: ТОО «Ecotera», 2005. – 54 с.
4. Смоляр В.А. и др. Водные ресурсы Казахстана (Поверхностные и подземные воды, современное состояние). – Алматы: НИЦ «Гылым», 2002. – 596 с.

5. Экологический аудит рудника Шатыркуль ОАО «Корпорация Казахстан», расположенного в Шуском районе Жамбылской области. – Алматы: РНПИЦ «Казэкология», 2002. – 123 с.
6. Bouwer H. Groundwater Hydrology. – McGraw-Hill, New York, 1978. – 156 p.

ТОО «Ecotera»

#### **ШАТЫРКӨЛ РУДНИГІНІҢ ТЕРЕҢ АШЫҚ КЕНІШІНІҢ ТАБИҒИ СУЛАРҒА ӘСЕРІ ТУРАЛЫ**

Ауыл-шар. ғылымд. канд.

Ю.М. Попов

В.Р. Кұбаев

Е.А. Тажмағамбетов

*Техногенді депрессиондық шұңқырдың терең ашық кеніштің қалыптасуы және қоршаған ортаны өндірістік мониторингтеу мәліметтері бойынша осы аймақтың суларының жергілікті ластануыны көрсетілген.*

УДК 556.552 (574.51)

**ЖЕЗДІ ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ ҚАЗІРГІ СУ ШАРУАШЫЛЫҚ  
ТЕҢДЕСТІГІ**

Геогр. ғылым. канд. М.М. Молдахметов  
Л.К. Махмудова

*Мақалада Жезді бөгенінің су теңдестігі мен алаптың қазіргі су шаруашылығы теңдестігі бағаланды.*

Жезді өзені гидрологиялық және су шаруашылық жіктемелері бойынша кіші өзенге жатады.

Жезді өзені алабында Сәтпаев қаласы, Жезді қала типтес поселкесі, және басқа да ұсақ елді-мекендер орналасқан. Осы елді-мекендерді ауыз-су және тұрмыстық-шаруашылық сулармен қамтамасыз ету, алапта шоғырланған өнеркәсіп, кен байыту фабрикаларын, басқа да кәсіпорындарды сумен қамту мақсатында 1968 жылы Жезді су қоймасы салынды. Жезді бөгенінің негізгі сипаттамалары төмендегі 1-кестеде берілді.

Жоба бойынша толық сыйымдылығы: - 76 млн м<sup>3</sup>, пайдалы сыйымдылығы – 70 млн м<sup>3</sup>; су айдынының ауданы: ТТД –17,6, ӨТД – 2,4 км<sup>2</sup>.

Жезді өзені алабында орналасқан елді-мекендерді, шаруашылық нысандарды сумен қамтудағы Жезді бөгенінің атқаратын ролі өте үлкен. Сондықтан бөгеннің су теңдестегін білу қажет. Су шаруашылығы теңдестігінің кіріс бөлігі төмендегілерден тұрады:

1. Жоғарғы учаскеден ағын судың келуі;
2. Бөгенге қапталдан су келуі;
3. Сәтпаев қаласының ақаба және шақтадан шыққан сулары;
4. Бөген айдынына түсетін атмосфералық жауын-шашын.

Жоғарғы учаскеден келетін ағынсу, көпжылдық бақылау деректерінің нәтижесінде есептелген Жезді өзенінің Жезді разьезді гидробекетінен өтетін ағындысымен айқындалады. Авторлардың жүргізген зерттеулері бойынша [5]. Жезді разьездінен өзеннің сағасына дейінгі аралықта ағындының шығындалу белдемі орналасқан, оның шамасы 0,2 м<sup>3</sup>/с немесе жылына 6,3 млн. м<sup>3</sup> құрайды. Бөгеттің тұстамасы сағадан 25 км қашықтықта орналасқандықтан, есептік тұстамаға қатысты су шығыны-

ның шамасы орташа жылдық ағындыдан 4,4 млн. м<sup>3</sup>-қа дейін қашықтыққа пропорционал азайтылды. Демек, жоғарғы учаскеден келетін ағынды тиісінше: суы орташа жылдары 40,4 млн. м<sup>3</sup>, қамтамасыздық 75 % болғанда 11,2 млн. м<sup>3</sup>, ал 95 % - 1,90 млн. м<sup>3</sup>.

Кесте 1

Жезді бөгенінің негізгі сипаттамалары

Бөгеттен сағаға дейінгі қашықтық, км	Пайдалануға берілген жылы	Бөгетке түсетін максимал тегеурін, м	Жоба бойынша сыйымдылығы, млн м <sup>3</sup>		Су деңгейінің белгісі, м		Су айдының ауданы, км <sup>2</sup>		Регулеудің түрі	Негізгі су тұтынушылар	Бөгенді пайдаланатын мекеме	Жоба бойынша бөгенді ирригациялық мақсатта пайдалану	
			То-лық	Па-йда-лы	ТТД	ӨҚД	ТТД	ӨҚД				Су-ар-ма-ла-ла-уға су бе-ру, млн м <sup>3</sup> /ж ыл	Су-ар-ла-тын жерд ің ауд-аны, га
40	1968	17	76	70	333,2	325,5	17,6	2,4	Көпжылдық	Суармалау	Жезқазған СЖБ	16,8	3,13

Ескертпе: ТТД – төменгі тежелу деңгейі, ӨТД - өлу тежелу деңгейі.

Есептік жолмен анықталған қапталдан келетін су:  $W_0=3,96$  млн. м<sup>3</sup>;  $W_{50\%}=2,57$  млн м<sup>3</sup>;  $W_{75\%}=0,99$  млн м<sup>3</sup>;  $W_{95\%}=0,13$  млн. м<sup>3</sup>.

Бұл мәндер Жезді разъездінен төмен жатқан учаскеде су шығыны аймағының бар екендігін, сондай-ақ Жезқазған жылғасы бойынша табиғи ағындының айтарлықтай азайғанын есепке алады. Оның су жинау алабында су әкету каналдары, басқа да ағындының табиғи қалпын бұзушы имараттар көптеп саналады.

Ақаба сулары мен шахтадан келетін сүзілген сулардың ағындысы – 12,0 млн. м<sup>3</sup>.

Алапқа түсетін жауын-шашын мөлшері Жезқазған метеостансасы бойынша айқындалды. Орташа жылдық жауын-шашын қабаты – 171 мм,  $P_{50\%}=160$  мм,  $P_{75\%}=131$  мм,  $P_{95\%}=85$  мм. [3]. Су айдыны ауданының жылдық ауданның өзгеруіне қарай су бетіне түсетін жауын-шашыннан құралған кіріс бөлігі жауын-шашын қабатының орташа шамасына тең болғанда, шамамен 2...3 млн. м<sup>3</sup> құрайды.

Су теңдестігінің шығыс бөлігі мыналардан тұрады:

1. Суармалауға су әкету;
2. Су бетінен булану
3. Бөгеннен жерге сіңетін су мөлшері;
4. Бос су жіберу.

Жезді бөгенінің алғашқы жобасында қамтамасыздық  $P<75$  % болған жағдайда, су қоймасынан 3 мың га суармалы жерді суару үшін 13 млн. м<sup>3</sup> су алу жоспарланған болатын. 1970 жылы қайта жүргізілген есептеу нәтижесі бойынша Казгидропроект жиынтық су тұтыну мөлшері бруттоны 20 млн м<sup>3</sup> өсірді. Бұл шама бөгеннің жағасын қуалай орналасқан бау-бақшаларды, саяжай учаскелерін суғаруға кететін судың және “Талап” елді-мекенінің суармалау жүйесін сумен қамтамасыз етуге кететін судың есебінен ұлғайтылды. Су қоймасынан алынуы тиіс пайдалы су беру (20 млн. м<sup>3</sup>) 88,4 % қамтамасыз етілді.

Жоғарыда келтірілген деректерге сәйкес, су қоймасы айдынынан булануға кететін шығын 1 м құрайды. Климаттық жағдайы орташа жылы бөгендегі су деңгейі төменгі тежелу деңгейіне (ТТД) сәйкес болған жағдайда, су бетінен булануға кететін шығын 17,6 млн. м<sup>3</sup> [4].

Шындығында, булануға кететін нақты шығын бұл шамадан аз болуы тиіс, өйткені күзгі салым бөгеннің су айдынының ауданы 3...4 км<sup>2</sup> азаяды. Оның үстіне, жаз айларының басында бөгеннің су деңгейі ТТД-дан төмен жатуы мүмкін.

Бөгеннен жерге сіңетін су шығыны жоба бойынша 0,18 м<sup>3</sup>/с, яғни 5,56 млн. м<sup>3</sup>/жыл анықталған. Бөгенді пайдаланатын мекемелердің деректері бойынша жерге сіңуге кететін шығын бөгендегі судың көлеміне байланысты 4,44-тен 5,12 млн. м<sup>3</sup> өзгереді.

Тасқын суды жіберуге арналған су жіберуші арқылы, бос су жіберу, көктемде су тасыған кезде жүзеге асырылады. Бірақ, 1993 жылы Сәтпаев қаласының маңындағы су жинаушы тоғанның бұзылуына байланысты төменге жиналған судың босқа кеткен жағдайы орын алды. Бөген пайдаланылуға берілген жылдардан бері қарай көктемде су жинау

алабы бойынша 0,8-ден 144,4 млн. м<sup>3</sup> су өтті. Жоба бойынша су сабасына түскен кезеңде төменгі бьефке санитарлық су жіберу көзделмеген [1].

Кесте 2

Жезді бөгенінің су шаруашылық теңдестігі

	Кіріс, млн м <sup>3</sup>						Шығыс, млн м <sup>3</sup>				
	Барлығы	Жоғарғы учаскеден келетін ағынды	Қапталдан келетін ағынды	Ақаба және шахта сулары	Жауын-шашын	Барлығы	Суармалау	Булану	Сіну	Бос жіберу	Жиналу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Жоба бойынша қабылданған қамтамасыздыққа сәйкес P=75% (жауын-шашын -P <sub>75%</sub> , булану - P=25%) Есептеу бойынша өте құрғақ жыл үшін P=95% (жауын-шашын -P <sub>95%</sub> , булану - P <sub>5%</sub> ) Есептеу бойынша сулылығы P=50% жыл үшін (жауын-шашын - P <sub>50%</sub> , булану - P <sub>50%</sub> ) Есептеу бойынша көпжылдық сулылығы орташа жыл үшін (жауын-шашын мен булану шамасы - орташа)	26,1	11,2	1,0	12,0	1,9	39,7	20,0	15,9	4,80	0	-13,6
	15,6	2,2	0,1	120	1,3	31,7	20,0	17,3	4,4	0	-16,1
	47,8	30,8	2,6	42,0	2,40	39,3	20,0	14,3	5,0	0	+85,0
	59,0	40,4	4,0	12,0	2,6	45,9	20,0	15,9	5,0	5,0	+131

Жезді бөгенінің қазіргі су теңдестігі суы орташа жыл қамтамасыздығы 50 %, суы аз жыл қамтамасыздығы 75 % және суы өте аз, құрғақ жыл

қамтамасыздығы 95 %-ға есептеліп жасалған. Су теңдестігі есебінің нәтижелері төмендегі 2-кестеге енгізілді. Суы аз және қуаңшылық жылдары бөгеннің суы түгелдей дерлік жұмсалады, ал қамтамасыздығы 60 % және одан да төмен жылдары су қоймасына су жиналу жүзеге асады. Бос су жіберу шамасы су қоймасына нақты жылдары судың жиналу жағдайына қарай анықталады.

Кесте 3

Жезді өзені алабының қазіргі су шаруашылық теңдестігі

Су ресурстары	Қамтамасыздығы, (%) жыл			Сулылығы орташа жыл
	95	75	50	
1 Табиғи ағынды	2,2	12,7	30,8	40,4
2 Бөгендер мен тоғандардың босауы	16,1	13,6	-	-
3 Жер асты сулары	70,8	70,8	70,8	70,8
4 Шахта сулары	21,0	21,0	21,0	21,0
5 Қалдық сулар	12,0	12,0	12,0	12,0
6 Бөгендер мен тоғандардың бетіне түсетін жауын-шашын	2,5	2,8	3,1	3,8
<b>Барлығы</b>	<b>124,6</b>	<b>132,9</b>	<b>137,7</b>	<b>148,0</b>
<b>Су тұтыну</b>				
1 Бөгендер мен тоғандарды толтыру	-	-	8,5	13,1
2 Өнеркісіпті сумен қамту және ауыз су	42,0	42,0	42,0	42,0
3 Шахтадан шыққан сулардың шығыны: жер бедерінің ойыстарына төгу және булану	28,0	32,4	28,5	29,2
4 Бөгендер мен тоғандардан судың сүзілуі	4,7	5,1	5,3	5,3
5 Суармалау, бау-бақшаларды суғару	3,5	7,0	7,0	7,0
6 Қаракенгір өзенінен су жіберу	1,0	1,0	1,0	6,0
7 Басқа алапқа берілді (Қаракенгір өзеніне)	19,4	19,4	19,4	19,4
<b>Барлығы</b>	<b>98,6</b>	<b>106,9</b>	<b>111,7</b>	<b>122,0</b>
<b>Теңдестік</b>	<b>+26,0</b>	<b>+26,0</b>	<b>+26,0</b>	<b>+26,0</b>

Алапта жүргізілетін шаруашылық іс әрекеттің негізгі бағыты - жез өндіру және жез қорыту өнеркәсібі және олармен тығыз байланыста бола-

тын, қоса қабаттаса жүретін құрылыс кешені, ауыл шаруашылығы, жеңіл өнеркәсіп және т.б. Негізгі өндірістік кәсіпорындар Сәтпаев қаласында және қала типтес Жезді ауылында шоғырланған. Жезді өзені алабында тұратын халықтың жалпы саны шамамен 100 мың адам.

Қолда бар деректер бойынша Жезді өзені алабының қазіргі су шаруашылық теңдестігі сулылығы қалыпты орташа және қамтамасыздығы 50, 75 және 95 % жылдар үшін теңдестіктің кіріс және шығыс бөліктері есептелді. Есептеу нәтижелері төмендегі 3-кестеге енгізілді.

Су теңдестігінің кіріс бөлігін ажыратайық. 3-кестенің “табиғи ағынды” жолында Жезді өзенінің жылдық ағынды көлемі ең үлкен тұстамасының қамтамасыздығы 95, 75 және 50 %, тиісінше 2,2, 12,7 және 30,8 млн. м<sup>3</sup> жылдық ағынды көлемі көрсетілген. Бөгеннің су теңдестігінде дәл осындай мәндердің шамасы едәуір төмен, өйткені Жезді өзені ағынды қалыптасу зонасынан өткеннен кейін “Жезді разъезді-саға” учаскесінде ағынның шығындалу белдемін басып өтеді.

Кестенің “Бөгендер мен тоғандардың босауы” жолында Жезді бөгенінің пайдалы су беру көлемінің, осы су қоймасының су теңдестігіне сәйкес пайдаланылуы мүмкін нұсқаларының бірін сипаттайды.

“Жер асты сулары” жолында 1994 жылы ГКЗ және ТКЗ бекітілген әлеуетті су ресурсының көлемі көрсетілген. Кен орындарында жер асты суларын пайдаланудың қазіргі деңгейі: Ескұлы – 20,5 мың м<sup>3</sup>/тәу., Жанай – 2,2 және Жезді қала типтес ауылда су алу көлемі – 0,5 мың м<sup>3</sup>/тәу.

“Шахта сулары” жолында соңғы жылдары шахталардан жер бетіне сорып шығарылған судың орташа мөлшері көрсетілген.

“Қалдық сулар” – Сәтпаев қаласындағы тазарту құрылғыларына бір жылда келіп түсетін судың көлемі.

Су шаруашылығы теңдестігін есептеу үшін қабылданған жалпыға ортақ әдістемеге сәйкес, “Бөгендер мен тоғандардың бетіне түсетін жауын-шашын” бөлігінде жылдың қамтамасыздығына сәйкес түскен жауын-шашын есепке алынған.

Су теңдестігінің шығыс бөлігі – су тұтыну.

“Бөгендер мен тоғандарды толтыру” жолындағы шамалар Жезді бөгенінің су теңдестігіне сәйкес берілген. Ағындының қамтамасыздығы жоғары болған жылдарда (шамамен 65 % және одан да жоғары) су тасу кезеңіндегі ағынды көлемі алдыңғы жылдардың сулылығына тәуелсіз, түгелдей дерлік су тұтынуға шығындалады. Сулылығы орташа және суы мол жылдары ағындыны қордаландыруға мүмкіндік туады. Мысалы, су-

лылығы орташа жылдарда Жезді бөгенінің көпжылдық құраушысы 13,1 млн. м<sup>3</sup> толысады [2].

Өнеркәсіпті сумен қамту және ауыз су бөлігінде Сәтпаев қаласының, Жезді қала типтес поселкесінің және ұсақ елді-мекендердің халқын ауыз сумен қамтамасыз етуге, сондай-ақ шахталар мен кен байыту фабрикаларын, басқа да өндірістік кәсіпорындарды сумен қамтамасыз етуге қажетті су көлемі есепке алынған.

Теңдестіктің шығыс бөлігінің үшінші жолында суды жеткізу кезіндегі орын алатын шығындар, соның ішінде шахта суларын жинақтау және үлестіру кезінде желіде шығындалатын түрлі шығындардың жиынтық мөлшері берілген. Жергілікті жер бедері ойыстарына төгілетін сулар, сондай-ақ бөгендер мен тоғандардың бетінен булануға шығындалатын су мөлшері де осы жерде есепке алынған.

Қаракенгір өзеніне барып құйылатын судың көлемі, су аз жылдарда “Жезді бөгенінің бөгеті - саға” учаскесінде қалыптасатын ағындыдан, бөгеннен сүзілетін судан және Талап елді-мекенінен бұрылатын ақаба сулардан құралады. Суы аз жылдардағы оның көлемі шамамен 1 млн. м<sup>3</sup> шегінде алынған. Сулылығы орташа жылдарда бөгеннен су құйылу су тасу кезеңінде орын алады.

Сонымен, есептеулердің нәтижелері Жезді алабының қазіргі су шаруашылығы теңдестігі бойынша алаптағы су ресурсының су тұтынудан 26 млн. м<sup>3</sup> артық екендігін көрсетіп отыр.

Бұл есептеулер белгілі бір деңгейде жуық шаманы береді, әлі де болса, соңғы жылдардың мәліметтері бойынша нақтылай түсуді қажет етеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Молдахметов М.М. Роль природных и антропогенных факторов в формировании стока рек Центрального Казахстана (бассейны рек Торгай, Сарысу). // Автореферат на соиск. степ. канд. геогр. наук. Алматы, 1999. – 24 с.
2. Молдахметов М.М., Махмудова Л.К. Жезді өзені алабының қалыпты жылдық ағындысын нақтылау. // Гидрометеорология и экология. – 2005. – №4. – С. 87-99.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. – Ч. 1-6, вып 18. – Кн. 1. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 514 с.



УДК 556. 114

**САМООЧИЩЕНИЕ И САМООЧИЩАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ  
ПРИРОДНЫХ ВОД АРИДНЫХ ЗОН**

Доктор тех. наук

А.А. Турсунов

Канд. геогр. наук

С.М. Романова

*Приведен анализ литературных данных и материалов собственных исследований по самоочищению и самоочищающей способности природных вод аридных зон (на примере бессточного оз. Балхаш).*

Процессы самоочищения – совокупность всех природных (гидродинамических, химических, микробиологических и гидробиологических) процессов в загрязненных природных водах, направленных на восстановление объектов. Сложность и разнообразие процессов естественного самоочищения природных вод, их значимость и сущность обуславливаются большим числом загрязняющих веществ, специфическими (физико-географическими) условиями водоемов.

Сточные воды, поступая в водоемы, оказывают негативное воздействие, прежде всего на биоценоз, нарушают естественный режим многих компонентов химического состава воды. Одновременно и взаимосвязано с разбавлением и перемешиванием сточных вод с природной водой идут гидробиологические, гидрохимические и др. процессы превращения веществ в водоеме. Последние оказывают решающую роль в процессах самоочищения. Физико-химические процессы, протекающие в водоемах, тесно связаны с биологическими, в том числе микробиологическими процессами, и порой трудно констатировать, где заканчивается один процесс и начинается второй.

Наиболее изученным процессом является процесс превращения органических веществ, способствующий непрерывному смещению ионного и фазового равновесия в природных водах. Сам процесс превращения органических соединений протекает в несколько стадий, в результате чего промежуточные продукты часто оказываются более токсичными, чем исходные вещества.

На самоочищающую способность (СС) природных вод оказывают влияние многие факторы, роль которых оценивается учеными по-разному. Одни из них склонны выделять чисто процессы самоочищения (преимуще-

ственно отмирание чуждых водоему микроорганизмов, снижение содержания токсикантов за счет физико-химических и биохимических реакций и т.п.) и собственно смешение и разбавление загрязненной воды природной. Другая группа исследователей считает разбавление, как один из факторов самоочищения наряду с такими процессами, как действие солнечной радиации, осаждение и поглощение.

В настоящее время выделяется пять главных направлений в исследовании процессов разбавления сточных вод природной водой и СС водных объектов:

1. Разработка методов расчета разбавления и перемешивания сточных вод в водоемах (водотоках) при различных условиях;
2. Изучение химизма превращения токсикантов в воде, илах, донных отложениях, взвесьях;
3. Выявление роли микроорганизмов;
4. Исследование влияния процессов фотосинтеза;
5. Изучение механизма миграции загрязняющих веществ (ЗВ) в подземных водах.

Каждое из этих направлений является предметом самостоятельного изучения.

Изучение СС водных объектов проводится расчетным путем (расчет скоростей превращения ЗВ, их предельно-допустимый сброс (ПДС), моделирование, прогноз) и натурными исследованиями в лабораторных условиях или непосредственно на водном объекте.

В данной статье из-за ограниченного объема нереально детально осветить все вопросы, связанные с проблемой самоочищения природных вод. Ниже приведен краткий обзор литературы по выявлению исключительной самоочищающей способности водоемов и водотоков аридных зон в сравнении с водоемами гумидных областей.

Детальными многолетними лабораторными работами С.С. Крученко установлено, что при концентрировании вод континентального происхождения (на примере оз. Балхаш) в твердую фазу выпадают осадки (карбонаты, сульфаты), увлекая за собой такие компоненты, как бром (0,002...0,025 %), йод (0,0002...0,016 %), бор (0,0002...0,005 %), кремний (до 0,02 %), фосфор (до  $2 \times 10^{-5}$  %), калий (0,016...0,094 %) [5]. А.И. Мун доказал, что такие элементы, как фтор, бром, йод, бор, литий, калий, рубидий, цезий, кобальт, никель и цинк переходят из воды континентальных водоемов в донные отложения и там накапливаются, благодаря адсорбции их различными коллоидами.

Однако геохимическое поведение названных элементов в системе «вода – ил» различное [6].

Для долгосрочного прогнозирования качества природных вод необходимо знание о скорости самоочищения. По данным натуральных наблюдений на реках СНГ И.М. Кореновской и др. [4] рассчитали значения коэффициентов скорости самоочищения речных вод 80 %-ой обеспеченности в весенне–летний период от некоторых загрязняющих веществ (табл.1). Так, наибольшим значением  $K$ , равным  $1,80 \text{ сут}^{-1}$ , характеризуются ионы аммония, наименьшими ( $0,20 \text{ сут}^{-1}$ ) – ХПК, НП,  $Fe$ ,  $Ni$  и  $Cr$ .

Таблица 1

Коэффициенты скорости самоочищения речных вод ( $K$ ) от некоторых загрязняющих веществ,  $\text{сут}^{-1}$

Компоненты химического состава воды	$K$
Ионы аммония	1,80
БПК <sub>5</sub>	1,00
ХПК	0,20
СПАВ	0,60
Фенолы	0,40
Нефтепродукты (НП)	0,20
Медь	1,20
Цинк	0,30
Железо	0,20
Никель	0,20
Хром	0,20

Практически все реки России изучены на предмет загрязнения и самоочищения их вод. Выявлено, что процессы самоочищения от нефтепродуктов протекают более интенсивно при сравнительно высоких температурах в летний период и в значительно меньшей мере зимой. Так, для р. Кубани самоочищающая способность в зимний период колеблется в пределах 7...35 %, а летом повышается до 20...60 %.

Максимальные величины перерабатывающей способности (ПС) р. Кубани от нефтепродуктов (600...3040 кг/час) определены при наибольших расходах воды во время паводков. В межень и низких температурах ( $0...5^{\circ}\text{C}$ ) нефтепродукты слабо «перерабатываются» (0,11...5,71 кг/час) (Честнокова И.А. и др., 1975). Аналогичное явление наблюдается и в других реках бассей-

на р. Кубани (Шлычкова В.В. и др., 1975), Донецкой и других областях (Клепешнев А.М. и др., 1975).

Сравнительно интенсивно процессы самоочищения речных вод от некоторых веществ протекают на участках протяженностью до 10 км ниже сброса стоков. При этом СС по БПК<sub>5</sub>, например, в р. Кальмиус (Донецкая область) составляла 57 %, по  $NH_4^+$  ионам – 60 %.

Л.Ф. Носачева и К.Р. Амрин изучали СС некоторых рек Центрального Казахстана от органических веществ (ОВ). Так, в р. Нуру производится сброс сточных вод предприятий химической, металлургической, энергетической промышленности, а также бытовых сточных вод. Общий объем стоков бассейна р. Нуры составлял в 1975 г. около 120 тыс.м<sup>3</sup>/сут, а в 1987 г. уже 477 тыс.м<sup>3</sup>/сут [3]. Концентрация фенолов в речной воде в 1975 г. уменьшается до исходной величины (0,001 мг/л) через 3 суток пробега воды от места сброса сточных вод. На участке реки, в 5 км от источника загрязнения, снижение концентрации ОВ (по БПК<sub>5</sub>) весной составляло около 88 %, летом – 53 %. Осенью процессы самоочищения р. Нуры более четко выражены на значительном расстоянии (12 км) от места сброса сточных вод и составляют 55 %. Анализируя данные по содержанию ОВ за 1987 г. в воде р. Нуры (г. Темиртау) на участках 0,5 км и 5,7 км ниже объединенного сброса сточных вод, автором данной статьи получены следующие результаты по СС (в %): БО – 11,6; БПК<sub>5</sub> – 20,5; фенолы и СПАВ – 60 %; нефтепродукты – 50 %. В реки Чурубай Нуру, Сокры, основных притоков р. Нуры, также осуществляется сброс сточных вод. В малых реках более заметно влияние стоков, и самоочищение обычно заканчивается на больших расстояниях (20...30 км), чем в крупных реках. Наиболее интенсивно превращение ОВ происходит в летний период, когда уменьшение их содержания (по БПК<sub>5</sub>) составляет 62 %. Если объем стоков в р. Сокры в 1975 г. составлял 80 тыс.м<sup>3</sup>, то в 1989 г. – около 269 тыс.м<sup>3</sup>. С увеличением расстояния от места сброса стоков содержание растворенного кислорода увеличивалось от 0 до 76 % насыщения. В летний период процессы самоочищения в реке начинают проявляться на расстоянии 30 км от источника загрязнения. Весной и осенью за счет процессов самоочищения снижение концентрации загрязняющих веществ колеблется в пределах 36...89 %.

Естественно ожидать, что большие количества загрязняющих веществ, сбрасываемые в водоемы и водотоки, затрудняют протекание процессов самоочищения. Самоочищающая способность воды от металлов, как правило, зависит от абсолютного содержания его в верхнем створе: при более

высоких концентрациях СС воды бывает более высокой, чем при сравнительно низких концентрациях. Кроме того, решающую роль в снижении концентраций тяжелых металлов играют процессы сорбции и образования трудно-растворимых соединений.

Донные отложения, взвеси оказывают значительное влияние на СС водоемов и водотоков. Изучая роль перемешивания водных масс с донными отложениями на процесс потребления кислорода биохимически нестойкими соединениями, выявлено, что константа скорости этого процесса здесь возрастает в 4,2 раза по сравнению с опытами в статическом режиме (Гарасевич И.Г. и др., 1975). Микроорганизмы, живущие в илах, способны разлагать многие органические соединения или потреблять различные ионы веществ. Так, в мелководных (3,5...4,0 м) прудах Ростовской области специальными исследованиями выявлено значительное превышение содержания летучих (ЛОВ) и растворенных органических веществ (РОВ) в иловых вытяжках по сравнению с содержанием их в воде (Гамбиева Н.С., Семенов А.Д., 1987). Образование ЛОВ в илах происходит в основном в результате разложения высокополимерных ОВ микроорганизмами, а также за счет процессов хемосинтеза. Параллельно с образованием ЛОВ в илах наблюдаются и процессы их потребления различными микроорганизмами, что включает новые циклы биохимических превращений.

Изучение превращений некоторых нефтепродуктов в природных водах и стерильных условиях позволило установить, что разрушение тридекана при начальных концентрациях 1,2 и 2,6 мг/л практически заканчивается, соответственно, на вторые и пятнадцатые сутки опыта (Спonti Е.А. и др., 1989). При увеличении содержания исходного вещества до 4,9 мг/л в течение 15 суток разрушалось около 85 % токсиканта. Скорость окисления тридекана в естественных условиях составляла 0,55 ... 0,70 мг/сут, в то время как в стерильных условиях она не превышала 0,03 мг/сут. Эти цифры свидетельствуют о преобладающей роли биохимического фактора в снижении концентрации тридекана в природной воде.

Дизельные и авиационные масла обладают высокой стабильностью, в течение 50 суток опытов их концентрация в природной воде оставалась практически неизменной. Скорость окисления дизельного топлива при исходной концентрации 3,4 мг/л в среднем составляла 0,13 мг/сут.

Лабораторные исследования, проводимые в ГХИ по вопросу трансформации лигносульфонатов в природных водах, позволили установить наличие зависимости скорости их биохимической деструкции от присутствия

донных отложений (Хван Л.А., Каплин В.Т. и др., 1979) Авторы доказали факт сорбции лигносульфонатов донными осадками и взвешенными веществами.

Изучая роль сорбционных процессов в снижении концентрации СПАВ в природных водах, В.В. Шлычкова и др. выявили, что при отсутствии донных отложений, как правило, идет торможение превращения веществ на начальном этапе (0,5...2 суток), связанном с периодом адаптации микроорганизмов к веществу. В присутствии донных отложений в первой половине суток происходит резкое снижение концентрации СПАВ в воде за счет процессов сорбции.

Благодаря разбавлению и биохимическим процессам системы «вода – дно» состав воды водохранилищ (на примере Волгоградского) достигает фоновых (химических и биологических) показателей и отсутствие дефицита кислорода на расстоянии 10 км от сброса стоков. Все это позволило констатировать факт активного процесса самоочищения водоема (Бухаркина М.Г. и др., 1985).

Микроорганизмы донных отложений водоемов и водотоков способны производить детоксикацию даже почвенных гербицидов (пропанид, стам Ф-34, суркопур) [7]. Малопроточные водоемы (озера, водохранилища, пруды) имеют относительно устойчивый уровень воды и незначительные сезонные течения по сравнению с реками, обусловленные режимом работы водохранилища или ветровыми нагонами. Концентрация загрязняющих веществ на отдельных участках малопроточных водоемов, направление и скорость процессов самоочищения обуславливаются в основном действием ветра, аэрацией воды, изменениями температуры, характером русловых процессов. Процессы самоочищения при этом будут определяться преимущественно или физическими и химическими факторами (в условиях горного, расчлененного рельефа), или развитием фито-, зоо- и бактериопланктона (озера, пруды). Если в водоем будет поступать слишком много загрязненных сточных вод, то процесс самоочищения сильно затормозится или совсем прекратится. В летний период, когда создаются наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности живых организмов, водоем самостоятельно способен переработать большие количества токсикантов (Верниченко А.А., 1975., Patrick F.M., Loutit M.W., 1978., Friant S.L., 1979., Никаноров А.М. и др., 1985., Жулидов А.В. и др., 1991., Посохов Е.В., 1980).

Зимой при низкой температуре воды рост и активность микроорганизмов уменьшается. К тому же в этот период, образующийся лед ограничи-

вает проникновение кислорода и света, ослабляется фотосинтез и процесс самоочищения водных масс замедляется. Самоочищение водных объектов от консервативных веществ (например, хлориды, сульфаты, натрий, кальций и др.) обуславливается только разбавлением сточной жидкости природной водой, а неконсервативных (например, многие органические вещества) – как разбавлением, так и различными процессами превращения веществ. При загрязнении и самоочищении природных вод изменяются физические свойства и химический состав из-за протекания следующих главных физико-химических процессов: окисление – восстановление; реакций полимеризации и поликонденсации; образования коллоидных растворов; процессов сорбции и десорбции; катионного обмена; образования труднорастворимых соединений; процессов выделения из воды газов и легколетучих соединений; образования комплексных соединений.

На самоочищающую способность природных вод оказывают влияние многие факторы, главными из которых являются гидрологический режим, количество взвешенных веществ, значения  $pH$ , температура воды, донные отложения и продукты разложения растительности.

Остановимся на последнем факторе более подробно. Поступление органических и взаимосвязанных с ними биогенных веществ в водоем или водоток происходит, прежде всего, из почв и донных отложений при разложении древесной и кустарниковой растительности, высшей водной растительности, наземных растений водосборного бассейна, фитопланктона, а также с атмосферными осадками, при береговой эрозии и другие факторы. Оценить влияние этих факторов на гидрохимический режим и качество воды зачастую весьма затруднительно, но крайне необходимо не только для познания и развития процессов, но и для их моделирования и прогнозирования указанных компонентов в проектируемых и действующих водоемах и водотоках.

В настоящее время накоплена определенная информация о скорости процесса разложения отдельных видов высшей водной растительности в озерах и водохранилищах России и Украины. В Казахстане для условий Канала Ертис-Караганда им. К. Сатпаева такие работы были впервые проведены в КазНИИРХ под руководством профессора Н.А. Амиргалиева [1]. В результате многолетних наблюдений и длительных лабораторных опытов была изучена самоочищающая способность водных масс канала и его водохранилищ (1980-1986 гг.). Выявлено, что в канале и его водохранилищах за счет деструкции и минерализации водной растительности и фитопланктона ежегод-

но образуется, соответственно, 1079 и 33 т органического углерода, 329 и 49 т минерального азота и фосфора.

Исследуемый регион характеризуется тем, что в водные объекты ЭТЭК, в том числе и в аванкамеры насосных станций (НС) ветрами заносится степное растение перекати-поле, которое оседает на дно и подвергается разложению в течение более года. Опыты показали, что за счет деструкции только этого растения, ежегодно вносимого в количестве около 3,0 тыс. т, в канал попадает 119 т  $C_{орг}$ , 6,9 т минерального азота и фосфора. В районах НС удаляется около 10 % попавших растений, остальное количество деструктурируется. Распад легкоокисляющейся части ОВ на участке головного транзита канала в летнее время заканчивается в среднем за 6 суток, осенью, при меньших значениях температуры (12-16 °С) – за 10-12 суток. Это дало основание исследователям констатировать факт достаточно высокой самоочищающей способности водных масс канала [1]. Полученные данные вносят ценный вклад в теорию и практику протекания гидробиологических, гидрохимических процессов и самоочищения природных вод аридных областей.

На основании многолетних лабораторных работ по исследованию поглощающей способности природных и химически чистых веществ, а также по влиянию сорбции на самоочищающую способность водных масс водоемов аридных зон, нами получены весьма интересные результаты. Такие сорбенты, как химически чистые вещества, природные минералы цеолиты и силикагель по способности поглощать ионы  $Mn^{2+}$  с концентрацией от 50 до 500 мкг/л в растворах (водоемах) сульфатного типа (например, оз. Балхаш) и хлоридного типа (например, Арал) можно расположить в следующий ряд по средней величине сорбционной обменной емкости (СОЕ), представленной в табл. 2.

Благодаря процессам сорбции и ионного обмена, будет происходить самоочищение водоема от ионов  $Mn^{2+}$ . При их концентрации от 50 до 500 мкг/л без последующего поступления, с помощью карбонатов кальция и магния, сульфата кальция и гидроксида алюминия водные массы сульфатного типа очистятся до ПДК на 50...95 % в течение месяца [2]; за счет гидроксида железа очищение будет идти – на 12...98 % спустя месяц; с помощью силикагеля, силиката магния и ортофосфата кальция, соответственно, на 48...100 %, 28...100 % и 48...88 % через 15 суток. При концентрации ионов  $Mn^{2+}$  от 5 до 120 мкг/л силикаты кальция и магния полностью очистят водные массы в течение месяца. Алумосиликаты, содержащиеся в цеолите, способны погло-

тить от 75 до 100 % ионов  $Mn^{2+}$  в воде с его концентрацией от 50 до 530 мкг/л за 16...28 суток.

Таблица 2

СОЕ различных сорбентов, ммоль – экв/г $\times 10^{-3}$

Сорбент	$SiO_2$ х.ч.	$Al(OH)_3$	$Ca_3(PO_4)_2$	$CaCO_3$	$MgCO_3$	$CaSO_4$	$Fe(OH)_3$	$MgSiO_3$	$SiO_2$ техн.	$CaSiO_3$
Сульфатный тип природных вод										
СОЕ	4,65	4,36	4,12	3,99	3,96	3,52	3,36	3,27	2,41	0,73
Хлоридный тип природных вод										
СОЕ	5,15	4,88	-	3,89	4,04	2,84	3,41	-	2,37	-

Кроме того, водоемы сульфатного типа быстрее будут очищаться от ионов  $Mn^{2+}$ , чем водоемы хлоридного типа, когда в сорбции будут участвовать все изученные сорбенты, кроме гидроксида алюминия. Степень поглощения ионов  $Mn^{2+}$  для  $Al(OH)_3$  в водах, имеющих преобладающие хлоридные ионы, больше на 6...15 %, чем в водах сульфатного типа.

Максимальное поглощение ионов  $Mn^{2+}$  сорбентами происходит при оптимальном его содержании в растворе. Так, для  $CaCO_3$  оно составляет 5...100;  $MgCO_3$  – 150...300;  $MgSiO_3$  – 80...120;  $SiO_2$  прир. – 60...120;  $CaSO_4$  – 50;  $CaSiO_3$  – 30;  $Al(OH)_3$  – 5...10 мкг/л. Такое содержание свойственно водам оз. Балхаш, что определяет уникальные свойства этого природного объекта. Здесь осадок солей и опреснение воды происходит при относительно низких значениях минерализации (от 1 до 5 г/л). Если академик Л.С. Берг называл оз. Балхаш «географическим парадоксом», то профессор А.А. Турсунов убежден, что «озера – опреснительные фабрики региона».

Донные отложения оз. Балхаш и глина также являются поглотителями ионов металлов. Так, процесс поглощения ионов  $Mn^{2+}$  глиной в основном протекает в течение первых трех часов контакта, в то время как сорбция его илами продолжается до 10...15 суток. Донные отложения лучше всего поглощают кадмий (90 %), затем цинк (86 %) и медь (78 %).

В динамическом режиме лучшие сорбционные свойства проявляются у цеолита (СОЕ =  $1,02 \times 10^{-3}$ ), затем  $Fe(OH)_3$  ( $0,28 \times 10^{-3}$ ) и – ( $0,10 \times 10^{-3}$  ммоль-экв/г) в диапазоне концентраций ионов  $Mn^{2+}$  от 5,0 до 100 мкг/л.

Представляет интерес рассчитать массу ионов  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{+2}$  и  $Zn^{+2}$  и фосфат-ионов, соосаждающихся с карбонатом кальция из воды оз. Балхаш (с

1 по 8 гидрохимический районы) и карбонатом магния (только в 8 районе озера, табл. 3, 4).

Этот расчет произведен на основании собственных результатов по кинетике сорбции и средней концентрации этих компонентов, а также данных по объему воды каждого гидрохимического района оз. Балхаш [8, 9].

Таблица 3

Концентрация ионов марганца, меди, цинка и фосфатов в воде оз. Балхаш в 1985 г., мкг/л

Концентрация ионов	Гидрохимический район							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$Mn^{2+}$	62	45	42	50	62	79	70	82
$Cu^{2+}$	0,65	1,5	0,8	5,0	3,7	4,7	6,5	3,5
$Zn^{2+}$	33,4	30,7	38,5	39,8	41,3	51,4	50,2	39,0
$PO_4^{3-}$	40,0	30,0	20,0	20,0	60,0	40,0	20,0	30,0

Установлено, что из воды Западного Балхаша вместе с  $CaCO_3$  осаждаются в виде соответствующих карбонатов 30,5 т  $Mn^{2+}$ , 5,4 т  $Zn^{2+}$ , 0,44 т  $Cu^{2+}$  и 8,5 т  $PO_4^{3-}$ ; из воды Восточного Балхаша, соответственно 34,3; 6,9; 1,4 и 3,7 т. В водах 8 гидрохимического района происходит соосаждение этих компонентов с  $MgCO_3$ , соответственно, 20,6; 5,3; 0,42 и 9 т.

Таблица 4

Масса ионов марганца, меди, цинка и фосфатов, выпадающая в осадок в виде соответствующих карбонатов из воды оз. Балхаш, т

Масса	Гидрохимический район								Всего	
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Медь	0,08	0,27	0,06	0,03	0,73	0,07	0,23	0,42	0,37	1,84
Цинк	1,3	1,8	1,4	0,9	3,7	0,4	0,9	5,3	1,9	12,3
Марганец	9,9	12,2	4,6	3,8	16,4	1,7	3,6	20,6	12,6	64,8
Фосфаты	3,0	3,8	1,0	0,7	0,7	0,3	0,5	9,0	2,2	12,2
Карбонаты, т×10 <sup>6</sup>	0,68	1,04	0,46	0,28	1,13	0,08	0,20	0,60		4,47

Ранее отмечалось, что карбонатные соли выпадают в осадок и при замораживании озерной воды. При этом некоторые компоненты химического состава могут соосаждаться с ними и в зимнее время. Учитывая экспериментальные данные по гидрохимии и гидрологии водоема, рассчитали массу ионов марганца, меди, цинка и фосфатов, хемосорбирующихся на карбонатах кальция и магния. Оказалось, что за ледоставный период может осесть с карбонатами около 11 т марганца, более 115 т фосфатных ионов, более 1 т меди и 0,3 т цинка в виде соответствующих карбонатных солей для катионов и кальциевых и магниевых солей для ортофосфатного иона (табл. 5, 6).

Таблица 5

Концентрация ионов марганца, меди, цинка и фосфатов в воде оз. Балхаш в 1987 г., мкг/л

Концентрация ионов	Гидрохимический район							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$Mn^{2+}$	23	17	17	20	17	38	72	74
$Cu^{2+}$	10,0	9,5	8,0	17,3	11,0	10,0	8,0	9,5
$Zn^{2+}$	11,0	12,5	12,0	14,2	18,0	17,0	9,0	14,0
$PO_4^{3-}$	21,0	33,0	37,3	29,0	32,7	32,3	43,5	52,0

Проведенные исследования позволяют заключить, что благодаря интенсивному выпадению карбонатов кальция и магния и соосаждающихся с ними ионами металлов и неметаллов вода оз. Балхаш очищается от металлов (*Mn*, *Cu*, *Zn*) и фосфатных соединений, которые накапливаются в илах и донных отложениях. Однако, за счет интенсивного перемешивания воды, действия солнечной радиации и хорошей прогреваемости возможен обратный переход этих металлов из ила в воду.

Такие процессы протекают в водоеме непрерывно в течение его жизнедеятельности. Наши лабораторные исследования ещё раз подтверждают гипотезу о механизме «самосохранения», когда оз. Балхаш освобождается от «излишков» карбонатных солей щелочно-земельных металлов.

Масса ионов марганца, меди, цинка и фосфата, соосаждающаяся с карбонатами кальция и магния в виде соответствующих карбонатов за счет вымораживания воды оз. Балхаш (1987 г.), т

Масса	Гидрохимический район								Все- го	
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Медь	0,095	0,089	0,081	0,142	0,154	0,054	0,104	0,15	0,18	0,87
Цинк	0,012	0,013	0,014	0,009	0,050	0,017	0,013	0,03	0,15	0,16
Марганец								2,78		7,41
Фосфаты	0,50	0,37	0,39	0,26	0,54	0,43	2,14	3,38	11,13	3,38
Карбонаты, т×10 <sup>3</sup>	5,04	7,59	8,58	6,55	7,42	7,30	9,87	52,0		52,0
	54,5	54,0	57,7	32,0	78,9	28,6	74,2	93,8		474

Таким образом, природные воды обладают одним из уникальных свойств – способностью к самоочищению водных масс. Причем, в водоемах и водотоках аридных зон эти процессы усиливаются за счет их мелководности, интенсивного перемешивания воды, способствующих взмучиванию, насыщению кислородом и коллоидно – взвешенными веществами, прогреваемости и активному воздействию солнечной радиации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиргалиев Н.А. Искусственные водные объекты Северного и Центрального Казахстана (гидрохимия и качество воды). - Алматы: НИЦ «Бастау», 1998. – 191 с.
2. Беспмятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. – Л.: Химия, 1985.- 528 с.
3. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохранных мероприятий по территории КазССР. Алматы, 1986-2002 гг.
4. Кореновская И.М., Клименко О.А., Фадеев В.В. Коэффициенты скорости самоочищения рек для долгосрочного прогнозирования качества воды //Матер. 28 Всес. гидрохим. совещ. - Л.: Гидрометеомздат, 1987.- Ч. 1. - С. 79-80.

5. Крученко С.С. Солеобразование, распределение микрокомпонентов в карбонатно-сульфатных системах и природных водах: автореф. ... канд. хим. наук. - Алматы, 1993.- 18 с.
6. Мун А.И., Бектуров А.Б. Распределение микроэлементов в водоемах Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во «Наука», 1971. – 290 с.
7. Никаноров А.М., Жулидов А.В., Емец В.М. Тяжелые металлы в организмах ветлендов России. - СПб.: Гидрометеиздат, 1993. - 295 с.
8. Современное экологическое состояние бассейна оз.Балхаш /Под ред. Т.К. Кудекова. - Алматы: Изд-во «Каганат», 2002. – 388 с.
9. Чистяева С.П. Водохозяйственный расчет уровня и минерализации воды оз.Балхаш: дисс. ... канд. техн. наук. - Алма-Ата: КазНИИ-госкомгидромет.- 1981.- 187 с.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби  
Институт географии МОН РК

### **СУАРЫЛАТЫН АЙМАҚТЫҢ ТАБИҒИ СУЛАРЫНЫҢ ӨЗДІГІНЕН ТАЗАРУЫ ЖӘНЕ ТАЗАРУ ҚАБІЛЕТТІЛІГІ**

Техн. ғылымд. докт.	А.А. Тұрсынов
Геогр. ғылымд. канд.	С.М. Романова

*Қазақстанның ағынды суларының және су қоймаларының суларының өздігінен тазаруы және тазару қабілеттілігі туралы автор әдеби шолу жұмыстарын жасаған және бірнеше жылғы жүйелі зерттеулер нәтижелері берілген. Суарылатын су қоймасы мысалы ретінде Балқашты ала отырып судың марганец, мыс, мырыш және фосфор қосылыстарынан өздігінен тазаруында сорбциялық процестің ролі көрсетілген.*

УДК 621.311.6

**ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГО-ТЕРМОЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ  
ПЕРЕХОДЕ НА НОВЫЕ ОЗОНОБЕЗОПАСНЫЕ  
ХЛАДАГЕНТЫ**

Доктор экон. наук            М.Т. Чердабаев  
Канд. техн. наук            М.Е. Баймиров

*В статье рассматриваются принципы эколого-термоэкономического анализа эффективности оборудования при переходе на новые озонобезопасные хладагенты. Эколого-термоэкономический анализ позволяет учесть такие факторы, как энергетическая эффективность применения хладагента, материалоемкость установки, пожароопасность хладагента, эмиссия парниковых газов и качества эксплуатации холодильного оборудования*

Первые шаги в направлении разработки современных методов эколого-энергетического анализа эффективности использования новых озонобезопасных хладагентов были сделаны в работе [11]. В этой работе для более полного учета энергетических и экологических факторов, влияющих на рост парникового эффекта, был предложен новый критерий, который получил название полного эквивалента глобального потепления - TEWI (Total Equivalent Global Warming Impact). По замыслу авторов, этот критерий учитывал не только прямой вклад в увеличение суммарного радиационного воздействия от эмиссии хладагентов, но и косвенный вклад от выбросов CO<sub>2</sub> при выработке электроэнергии, необходимой для эксплуатации холодильного оборудования. Методика прошла несколько стадий своего развития, что позволило в конечном счете получить следующее выражение:

$$TEWI = GWP_R \cdot L_R \cdot N + GWP_R \cdot m_R (1 - \alpha) + GWP_{Ba} \cdot M_{Ba} + \beta \cdot E \cdot N, \quad (1)$$

где  $GWP_R$  и  $GWP_{Ba}$  - потенциалы глобального потепления соответственно хладагента и вспенивающего агента (потенциал CO<sub>2</sub> принят за единицу), кг/год;  $L_R$  - утечка хладагента, кг/год;  $N$  - время эксплуатации оборудования, лет;  $m_R$  - масса хладагента в установке, кг;  $\alpha$  - доля утилизирован-

ного хладагента по окончании эксплуатации,  $M_{Ba}$  - масса вспенивающего агента, кг;  $\beta$  - эмиссия  $CO_2$  при производстве 1 кВт · ч электроэнергии, кг /кВт · ч;  $E$  - годовые затраты электроэнергии на эксплуатацию оборудования, кВт · ч/год;  $L_{CO_2}$  - количество  $CO_2$ , кг/год.

К одному из основных недостатков предложенной методики вычисления  $TEWI$  следует отнести отсутствие полного учета всех энергетических затрат, связанных с созданием и безопасной эксплуатацией холодильной техники, использующей пожароопасные хладагенты. Кроме того, экстенсивную величину  $TEWI$  нельзя использовать в качестве индикатора при эколого-энергетическом анализе холодильного оборудования различной производительности. Эти причины в значительной мере сдерживали широкое применение методики  $TEWI$ -анализа, особенно в тех случаях, когда рассматривалась техника с незначительным уровнем эмиссии рабочего тела [10].

Дальнейшее развитие методика  $TEWI$ -анализа получила в работах [4, 5, 9], в которых было рекомендовано при расчете косвенного вклада учитывать дополнительные энергетические затраты  $E_i$  на создание оборудования, машинного зала, обеспечение мер безопасности и ремонт:

$$TEWI_N = TEWI + \sum_{i=1}^n \beta \cdot E_i \quad (2)$$

Несомненным достоинством рассматриваемой концепции  $TEWI$ -анализа является возможность его адаптации к хорошо разработанным методам анализа эффективности [1, 2, 4, 7]. При таком подходе системное исследование эффективности холодильного оборудования и научное обоснование направлений его экологизации можно проводить на основе уравнений энергетического и материального балансов всех видов энергоносителей, используемых при получении искусственного холода. Необходимым требованием к корректности составляемых уравнений энергетического баланса должен стать полномасштабный учет энергетических ресурсов, затрачиваемых на производство сырья и создание оборудования, а также энергетических потерь, вызванных необратимостью процессов, протекающих в холодильной машине.

Совершенно очевидно, что при оптимизации технических устройств необходимо сводить к минимуму антропогенное воздействие их на природу. Требуется разработать новые критерии, позволяющие в каж-

дом конкретном случае определять верхнюю границу этого минимума. Такой естественной границей может служить экологическое пространство для диоксида углерода. Под этим термином следует понимать максимальную скорость, с которой атмосфера может принимать  $CO_2$  без существенного глобального потепления даже в далеком будущем. Как уже указывалось выше, экологическое пространство на душу населения в год оценивается величиной 1,1 т  $CO_2$  [12]. Поскольку выбросы  $CO_2$  и других парниковых газов становятся основной причиной глобальной экологической катастрофы, связанной с процессом глобального потепления климата Земли, представляется вполне логичным интегрировать в хорошо разработанные методики термoeкономической оптимизации [1, 7] предложенный Фишером метод *TEWI*-анализа [11]. Впервые такая концепция была предложена в работе [11].

Вне рамок термoeкономического анализа концепция *TEWI*-анализа для герметичных холодильных систем не имеет существенных преимуществ по сравнению с традиционными методами термодинамического исследования. Поэтому еще совсем недавно целесообразность использования *TEWI*-анализа была темой дискуссии в рамках Международного института холода [9].

После принятия Протокола в Киото становится совершенно очевидной необходимость разработки комплексной эколого-энергетической методики оценки антропогенного воздействия оборудования на окружающую среду. Такая методика должна учитывать не только необратимость процессов, протекающих в установке, и прямую эмиссию парниковых газов, но и все энергетические затраты на производство и эксплуатацию оборудования, включая затраты на предотвращение и компенсацию ущерба, наносимого внешней среде.

Будущее развитие промышленности должно базироваться на концепции уменьшения выбросов радиационно активных газов на душу населения, чему в значительной мере способствовало бы установление  $CO_2$ -энергетического налога [12]. Причем нормы эмиссии следует определять на эквивалентной основе для всех газов, которые вносят заметный вклад в возрастание влияния парникового эффекта на всех этапах производства и потребления энергии. Изложенный подход можно реализовать в рамках метода эколого-термoeкономического анализа. Суть этой концепции заключается в интеграции методов термoeкономического исследования в процедуру вычисления *TEWI* [11]. В этом случае, применительно к ана-

лизу холодильного оборудования, полный эквивалент глобального потепления

$$TEWI_N = GWP_R LN + GW_{Rm} (1 - \alpha) + GR_{nl} M_{nl} + \beta E_{ex} N + \sum_{i=1}^n \beta E_i \quad (3)$$

где  $E_{ex}$  – эксергия<sup>\*)</sup>, подводимая к компрессору, которая может быть рассчитана по формуле

$$E_{ex} = \Pi_{км} + \Pi_{оп} + \Pi_{исп} + \Pi_{кд} + \Pi_{вс} + \Pi_{пт} + L, \quad (4)$$

где  $\Pi_{км}$  – потери эксергии в компрессоре, которые, в свою очередь, можно представить как сумму индикаторных  $\Pi_i$ , механических  $\Pi_{мех}$  и электрических потерь эксергии;  $\Pi_{оп}$  – потери эксергии при дросселировании;  $\Pi_{исп}$ ,  $\Pi_{кд}$ ,  $\Pi_{вс}$ ,  $\Pi_{пт}$  – потери эксергии в испарителе, конденсаторе, всасывающей линии и регенеративном теплообменнике,

$L$  – теоретически минимальная работа, которую необходимо затратить в обратимом цикле Карно для получения заданной холодопроизводительности  $Q_0$ :

$$L = Q_0 / \varepsilon_k \quad (5)$$

где  $\varepsilon_k$  – холодильный коэффициент обратного обратимого цикла Карно в интервале температур окружающей среды  $T_{Scp}$  (или температуры холодильной камеры):

$$\varepsilon_k = T_{Scp} / (T_{oc} - T_{Sp}). \quad (6)$$

Конечная цель различных вариантов термоэкономического анализа – расчёт общего эксергетического коэффициента:

$$\eta_{ex} = (E_{ex} - \sum_{i=1}^n \Pi_{i-k}) / E_{ex}, \quad (7)$$

который количественно не отражает эффекта антропогенной нагрузки на

*Примечание ред.*

<sup>\*)</sup> Эксергия (эксэргия) (от греческого ек, ех – приставка, означающая высокую степень, и ергоп – работа) – максимальная работа, которую может совершить термодинамическая система при переходе из данного состояния в состояние равновесия с окружающей средой. Эксергия иногда называется работоспособностью системы.

природу, вызванного эксплуатацией оборудования. Тем не менее потери эксергии в отличие от холодопроизводительности  $Q_0$  могут быть преобразованы в эквивалентную эмиссию  $CO_2$ .

Следовательно, если интегрировать потери энергии, полученные в рамках термoeкономического метода, в балансовую структуру  $TEWI_N$ , можно, с одной стороны, оценить экологическую нагрузку на природу, а с другой - получить ряд новых эколого-энергетических коэффициентов, отражающих эффективность использованной энергии.

С этой целью рассмотрим балансовую схему вкладов  $TEWI_N$  (рис. 1), где  $TEWI_N$  – полный эквивалент глобального потепления;  $TEWI_p$  – эмиссия  $CO_2$  от рационально использованной энергии на производство холода;  $TEWI_Q$  – эмиссия  $CO_2$  от части энергии, преобразованной в холод;  $TEWI_n$  – эмиссия  $CO_2$  от энергии, затраченной на охлаждение продуктов (от полезно затраченной части эксергии);  $\Delta TEWI_p^{внеш.}$  – косвенный вклад в  $TEWI_N$  от внешней необратимости процессов в холодильном оборудовании;  $\Delta TEWI_p^{внутр.}$  – косвенный вклад в  $TEWI_N$  от внутренней необратимости процессов в холодильном оборудовании;  $\Delta TEWI_Q$  – эмиссия  $CO_2$  от нерационально использованной энергии, затраченной на охлаждение внутрикамерного оборудования, и компенсации теплопритоков в холодильную камеру;  $\Delta TEWI_{\text{Э}}$  – вклад в  $TEWI_N$  от эмиссии хладагента, вспенивающих агентов теплоизоляции и затрат энергии на получение конструкционных материалов и изготовление холодильного оборудования;  $\Delta TEWI_{\text{Э.п}}$  – прямой вклад в  $TEWI_N$  от эмиссии хладагента и вспенивающих агентов теплоизоляции;  $\Delta TEWI_{\text{Э.К}}$  – косвенный вклад в  $TEWI$  от затрат энергии на получение конструкционных материалов, изготовление оборудования, реновацию, обеспечение мер пожарной безопасности;  $\Delta TEWI_{\text{всп}}$  – вклад в  $TEWI_N$  от эксплуатации вспомогательного оборудования (насосы, вентиляторы);  $\Delta TEWI_{\Sigma}$  – вклад в  $TEWI_N$  от нерационально использованной энергии при производстве холода.

При оценке целесообразности перевода какого-либо компрессора или холодильной машины на альтернативный хладагент необходимо также учитывать затраты энергетических ресурсов  $E_i$ , связанных как с получением конструкционных материалов, так и с изготовлением оборудования на машиностроительном предприятии. Наиболее корректный подход к решению такой задачи - метод суммирования энергоемкостей

$$E_{\text{ит}} = \sum_{j=1}^m m_j \cdot \mathcal{E}_j + \sum_{k=1}^m E_k, \quad (8)$$

где  $m_j$  – масса отдельных деталей компрессора или холодильной установки в целом, кг;  $\mathcal{E}_j$  – энергоемкость определенного конструкционного материала, кВт • ч/кг;  $E_k$  – энергетические затраты при изготовлении рассматриваемого узла холодильной установки.

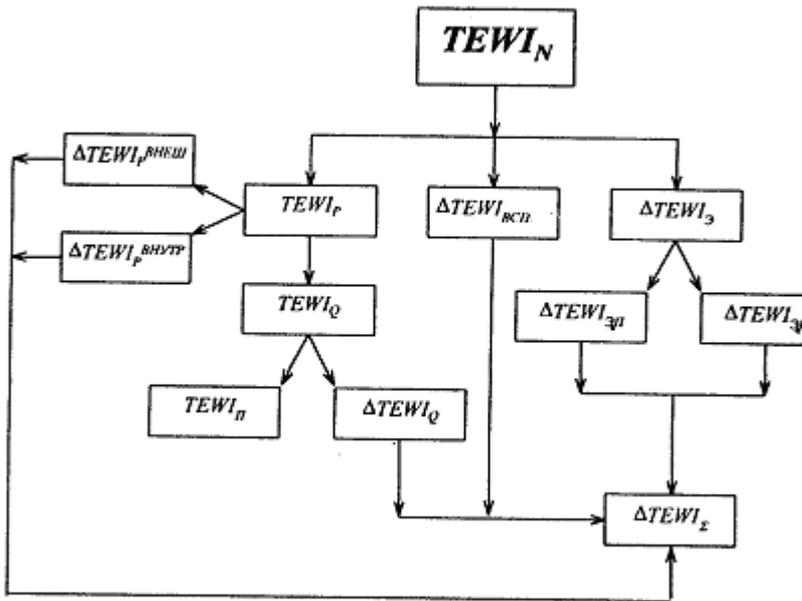


Рис.1. Балансовая схема вкладов  $TEWI_N$  при производстве холода.

Данные об энергоемкости конструкционных материалов содержатся в литературе [3]. Незначительные расхождения продиктованы различной эффективностью технологических процессов получения конструкционных материалов. Но это обстоятельство не имеет принципиального значения для выполнения анализа перспектив применения какого-либо хладагента по двум причинам:

во-первых, соблюдение условий сопоставимости объектов сравнения априорно предполагает неизменность значений  $\mathcal{E}_j$ ;

во-вторых, первый член формулы (8) лишь незначительно влияет на  $TEWI_N$ , т.е. изменение материалоемкости, связанное с переходом на альтернативные хладагенты, будет незначительно влиять на величину

эколого - термoeкономических показателей.

Последнее замечание хотя и находит свое подтверждение в работах [9], но не может быть распространено на все типы холодильного оборудования. Так, в работе [13] показано, что энергозатраты, связанные с созданием бытовой холодильной техники, вносят 30 %-ный вклад в значение  $TEWI_N$ .

Значительно сложнее корректно сформулировать принципы определения  $\Sigma E_k$ . Дело в том, что энергетические затраты, связанные с созданием холодильного оборудования, в той или иной мере влияют на величину различных статей калькуляции, таких, как стоимость покупных изделий и полуфабрикатов, затраты энергии на технические цели, транспортно-заготовительные расходы, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и т.п. При этом энергоемкость, накопленная в предыдущих технологических процессах при создании покупных изделий, и собственные энергетические затраты предприятия холодильного машиностроения переносятся в готовую продукцию. Даже такие, казалось бы, не связанные с расходом энергии статьи калькуляции, как заработная плата, в определенной мере отражает уровень потребления энергетических ресурсов вне предприятия. Например, в США на нужды бытового хозяйства и торговли в 1985 г. расходовалось около 36 % энергетических ресурсов (из них 27 % на охлаждение и кондиционирование), при потреблении  $9,7 \cdot 10^4$  кВт · ч энергии на душу населения [8]. В связи с этим в промышленно развитых странах доля заработной платы и экологических налогов в общей стоимости выпускаемой продукции достаточно высока. Вследствие перечисленных обстоятельств значение  $E_k$  в предпроектный период можно рассчитывать через себестоимость  $S$ , которую, в свою очередь, можно определить по удельным показателям затрат (на единицу массы, мощности или холодопроизводительности, на 1 м<sup>2</sup> площади теплопередающей поверхности и т.д. анализируемой холодильной установки):

$$E_k = S_n / T, \quad (9)$$

$$S_{\Pi} = S_a \frac{P_{\Pi}}{P_a}, \quad (10)$$

где  $S_n$ ,  $S_a$  - себестоимость соответственно проектируемой машины и ее аналога;  $T$  - тарифная стоимость электроэнергии;  $P_n$ ,  $P_a$  - масса, холодопроизводительность, мощность, площадь теплопередающей поверхности и другие характеристики для проектируемой машины и ее аналога.

Изложенный выше метод расчета  $E_k$ , а следовательно, и  $\Delta TEWI_{\text{э.к}}$  хотя и прагматичен, но вполне обоснован, поскольку на начальных стадиях выбора оптимального хладагента число технико-экономических показателей, которые можно использовать при сопоставлении рассматриваемых вариантов, обычно ограничено.

Составляющие  $TEWI_N$  вклады могут быть рассчитаны с использованием следующих формул:

$$TEWI_p = \beta \cdot E_{ex} \cdot N; \quad (11)$$

$$\Delta TEWI_{\text{э.п.}} = GWP_R \cdot L \cdot N + GWP_R \cdot m(1 - \alpha) + GWP_{Ba} \cdot M; \quad (12)$$

$$\Delta TEWI_{\text{э.к.}} = \sum E_i \beta; \quad (13)$$

$$\Delta TEWI_p^{\text{внутр.}} = (\Pi_{\text{км}} + \Pi_{\text{др}}) \beta \cdot N; \quad (14)$$

$$\Delta TEWI_p^{\text{внешн.}} = (\Pi_{\text{исп}} + \Pi_{\text{к.д.}} + \Pi_{\text{вс}} + \Pi_{\text{р.м.}}) \beta \cdot N; \quad (15)$$

$$TEWI_Q = TEWI_p + \Delta TEWI_p^{\text{внешн.}} - \Delta TEWI_p^{\text{внутр.}}; \quad (16)$$

$$TEWI_n = TEWI_Q - \Delta TEWI_Q; \quad (17)$$

$$TEWI_{\text{п}} = (\text{энергия, необходимая для охлаждения продуктов}) \beta N; \quad (18)$$

$$\Delta TEWI_Q = (\text{теплопритоки в холодильную камеру + охлаждение внутрикамерного оборудования}) \beta N; \quad (19)$$

$$\Delta TEWI_{\Sigma} = +\Delta TEWI_p^{\text{внешн.}} + \Delta TEWI_p^{\text{внутр.}} + \Delta TEWI_Q + \Delta TEWI_{\text{эп}} + \Delta TEWI_{\text{эк}} + \Delta TEWI_{\text{вп}}. \quad (20)$$

В рамках предложенной балансовой схемы вкладов в  $TEWI_N$  можно сформировать несколько коэффициентов для исследования эколого-энергетической эффективности использования энергетических ресурсов:

1. Коэффициент приведенной эмиссии парниковых газов

$$tewi = TEWI_N / TEWI_Q. \quad (21)$$

Этот коэффициент характеризует экологическую чистоту (с позиций влияния на парниковый эффект) получения единицы холода (эксергии холода). Значение  $tewi$  всегда больше единицы. Чем меньше значение  $tewi$ , тем меньше уровень экологического воздействия на природу при создании единицы эксергии холода.

2. Коэффициент прямого экологического действия холодильной установки

$$\delta = TEWI_p / TEWI_N = 1 - \Delta TEWI_{\text{э}} / TEWI_N. \quad (22)$$

Этот коэффициент всегда меньше единицы. Он характеризует экологиче-

ское воздействие эмиссии парниковых газов на стадии создания холодильного оборудования и обеспечения ее безопасной эксплуатации. При рассмотрении результатов экологической экспертизы следует выбирать тот хладагент, для которого этот коэффициент принимает большее значение. Коэффициент прямого экологического действия целесообразно анализировать при оценке перспектив применения пожароопасных хладагентов, так как он учитывает эмиссию  $CO_2$  от энергозатрат, связанных с получением конструкционных материалов как для самой холодильной установки, так и для вспомогательного оборудования.

3. Коэффициент косвенного экологического действия холодильной установки

$$\gamma = \frac{TEWI_{\Pi}}{TEWI_p} = \frac{1 - (TEWI_p^{внешн.} + \Delta TEWI_p^{внутр.} + \Delta TEWI_Q + \Delta TEWI_{всп})}{TEWI_p}, \quad (23)$$

характеризует уровень внутренних и внешних потерь эксергии при эксплуатации холодильной установки. Этот коэффициент принимает значение, меньшее единицы. Увеличить этот коэффициент можно путем снижения уровня теплопритоков в холодильную камеру, рациональной организации холодильного цикла и оптимального выбора вспомогательного оборудования.

4. Коэффициент эколого-термоэкономического совершенства

$$\varphi = TEWI_{\Pi} / TEWI_N = 1 - \Delta TEWI_{\Sigma} / TEWI_N. \quad (24)$$

Этот комплексный коэффициент позволяет оценить эколого-термоэкономическое совершенство получения искусственного холода с учетом нерационального использования энергетических ресурсов при создании оборудования и его эксплуатации, а также прямой эмиссии хладагента и вспенивающих агентов. Очевидно, что

$$\varphi = \delta \cdot \gamma. \quad (25)$$

5. Коэффициент использования энергии на стадии эксплуатации холодильного оборудования

$$\mu = TEWI_{\Pi} / TEWI_p. \quad (26)$$

В практической деятельности часто бывает необходимо оценить перспективу применения какого-либо хладагента среди нескольких пре-

тендентов. В этом случае целесообразно использовать следующие коэффициенты:

6. Коэффициент экологической целесообразности

$$\eta_u = \frac{TEWI_{NRalt} \cdot (TEWI_{QR} / TEWI_{QRalt})}{TEWI_{NR}}, \quad (27)$$

где индекс "alt" относится к альтернативному хладагенту. Если переход на альтернативный хладагент целесообразен, то  $\eta_u > 0$ .

7. Коэффициент экологического совершенства

$$\eta_c = \frac{TEWI_{NR} \cdot TEWI_{QRalt}}{TEWI_{NRalt} \cdot TEWI_{QR}}. \quad (28)$$

Этот коэффициент должен принимать значение  $\eta_c > 1$ .

Предложенные коэффициенты, описываемые уравнениями (21)-(28), изменяются в достаточно широких пределах. Они чувствительны к различным факторам, влияющим на величину  $TEWI_N$ , что способствует принятию обоснованных инженерных решений, направленных на снижение антропогенного влияния используемой техники на природу. Кроме того, данные коэффициенты могут служить основой для разработки новой нормативно-правовой документации, задача которой - формирование будущей стратегии развития холодильного машиностроения.

Таким образом, метод эколого-термоэкономического анализа позволяет корректно учесть такие факторы, как энергетическая эффективность применения того или иного хладагента, материалоемкость установки, пожароопасность хладагента, эмиссия парниковых газов и качество эксплуатации холодильного оборудования. Предложенный метод носит многофункциональный характер и может быть применен на различных этапах исследования эколого-энергетических характеристик: от рассмотрения эффективности использования хладагента в рамках различных моделей термодинамических циклов до изучения реальных систем по мере усложнения их технической реализации (компрессорная система → холодильная машина → холодильная установка → холодильная технология). Полученные результаты будут отражать антропогенное влияние холодильной техники на природу. Кроме того, метод эколого-термоэкономического анализа может быть с успехом применен при эколого-энергетическом аудите и менеджменте предприятий, использующих холодильные технологии.

Эколого-термоэкономический анализ не претендует на роль аль-

тернативы существующим методам оценки эффективности холодильного оборудования [1,2]. Напротив, известные методики исследования эффективности не противоречат концепции эколого-термоэкономического анализа, а могут быть гармонично согласованы с ней. Вместе с тем, предложенные в настоящей статье коэффициенты позволяют по-новому взглянуть на такие общепризнанные понятия, как, например, класс энергетической эффективности оборудования. Реализация мероприятий, направленных на получение оптимальных значений этих коэффициентов, будет способствовать развитию экологически устойчивой энергетики, для которой характерна стабилизация объёмов выбросов парниковых газов на уровне, не вызывающем опасных антропогенных изменений в составе атмосферы и климате.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродянский В.М., Фритшер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения / Под. ред. В.М. Бродянского. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 136 с.
2. Быков А.В., Киянинь И.М., Круге А.С. Холодильные машины и тепловые насосы. – М.: Агропромиздат, 1988. – 134 с.
3. Руденко М.Ф., Баймиров М.Е., Анисимов Б.Ф. Анализ эффективности гелиоэнергетических термотрансформаторов по математической модели // Высшая школа Казахстана. Поиск. – 2004. - №4. – С.166–169.
4. Руденко М.Ф. Разработка и исследования эффективности адсорбционной гелиохолодильной установки // Вестник Международной академии холода. - 2003.- №1. - С. 34-37.
5. Руденко М.Ф., Лебедев В.Ф., Фондеркин В.Л. Проблемы развития гелиохолодильной установки // Холодильная техника. - 1986. - №10. – С. 14-16.
6. Баймиров М.Е., Руденко М.Ф. Применение солнциспользующих экологически чистых термотрансформаторов для систем тепло и холодоснабжения в Казахстане // Высшая школа в Казахстане. - Поиск. - 2004. - № 46. – С. 36-44.
7. Оносовский В.В. Моделирование и оптимизация холодильных установок. - Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1990. – 238 с.
8. Ревелль П., Ревелль Ч. Среда обитания: В 4-х книгах. Кн. 3 Энергетические проблемы человечества: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 342 с.

9. Энерго-экологическая эффективность компрессорных агрегатов при работе на традиционных и альтернативных хладагентах / Г.К.Лавренченко, И.В.Волобуев, П.В.Железный, О.В.Лысенко // Холодильная техника и технология. – 1999. – Вып.62. – С. 46-58.
10. Billiard F. Fluorocarbons (CFCs, HCFCs and HFCs) and Global Warming // Bull. IIF-IR. – 1997. – № 6. – P. 24–28.
11. Fisher S.K., Fairchild P.P., Hughes I.S. Global warming implications of replacing CFC // ASHRAE Journal. – April, 1992. – P. 33–46.
12. GreenJ. The Energy Alternatives for a Sustainable Europe (EASE) Project // Stepping Towards Sustainability in Energy: practical proposals for Europe. Nain report. – Edinburgh (Scotland): Friends of the Earth Scotland, 1997. – 122 p.
13. Zhelezny V.P., Zhidkov V. V. Ecological Safety of Natural Refrigerants in Domestic Refrigerating Equipment: Illusions and Reality // Proc. 1998 Int. Refrig. Conf. at Purdue. – Purdue (USA): Purdue Univ. 1998. – 58 p.

Совместное нефтедобывающее предприятие «Эмбаведьойл»  
Атырауский институт нефти и газа

## **ТОНАЗЫТҚЫШ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ ОЗОНҒА ҚАУІПСІЗ ЖАҢА СУЫТҚЫШ АГЕНТТЕРГЕ КӨШУ ТИІМДІЛІГІН ЭКОЛОГТЫ- ТЕРМОЭКОНОМИКАЛЫҚ ТАЛДАУ ПРИНЦИПТЕРІ**

Экон. ғылымд. докторы            М.Т. Чердабаев  
Техн. ғылымд. канд.            М.Е. Баймиров

*Мақалада тоңазытқыш құрылғылардың озонға қауіпсіз жаңа суытқыш агенттерге көшу тиімділігін экологты-термоэкономикалық талдау принциптерді қаралған. Экологты-термоэкономикалық талдау суытқыш агенті қолданғандығы энергетикалық тиімділігін, қондырғының зат сиымдылығын, суытқыш агенттің отқа қауіпсіздігін, булы газдардың эмиссиясын және тоңазытқыш құрылғылардың пайдалану сапасын ескеруге мүмкіндік береді.*

УДК 551.510.42

**О СОСТОЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В 4 КВАРТАЛЕ 2005 ГОДА**

Канд. геол.-мин. наук

Е.Ж. Муртазин

Н.У. Бултеков

*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 4 квартале 2005 г. наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха проводились в 20 населенных пунктах республики: Актау, Актобе, Алматы, Астана, Атырау, Балхаш, Жезказган, Костанай, Караганда, Павлодар, Петропавловск, Риддер, Семипалатинск, Тараз, Темиртау, Уральск, Усть-Каменогорск, Шымкент, Экибастуз и пос. Глубокое (Восточно-Казахстанская область).

В течение квартала зарегистрировано 15 случаев высокого загрязнения атмосферного воздуха – максимальная концентрация диоксида азота в г. Шымкенте превышала ПДК в 10,1...23,9 раза (Табл. 1.1).

Наибольший уровень загрязнения атмосферного воздуха отмечался в г. Алматы (ИЗА<sub>5</sub> = 15,1) (Табл. 1.2).

Таблица 1.1

Сведения о случаях высокого загрязнения атмосферного воздуха

Город	Примесь	Число, месяц	Время	№ПНЗ	Концентрация	
					мг/м <sup>3</sup>	кратность превышения ПДК
Шымкент	Диоксид азота	8 ноября	19 час	№3	0,86	10,1
		13 декабря	13 час	№3	0,86	10,1
			19 час	№3	1,31	15,4
		14 декабря	13 час	№3	1,95	22,9
			19 час	№3	1,59	18,7
		15 декабря	19 час	№3	0,90	10,6
		19 декабря	13 час	№3	1,09	12,8
		20 декабря	07 час	№3	1,45	17,1
			13 час	№3	2,03	23,9
			19 час	№3	1,40	16,5
		22 декабря	13 час	№3	1,09	12,8
		23 декабря	13 час	№3	1,00	11,8
			19 час	№3	0,98	11,5
		24 декабря	13 час	№3	1,60	18,8
		24 декабря	19 час	№3	1,43	16,8

Таблица 1.2

Загрязнение воздушного бассейна городов Казахстана в 4 квартале

Пункт	ИЗА <sub>5</sub>	Примесь	Средняя концентрация		Максимальная концентрация		P, % выше ПДК
			мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	
Актау	4,2	Пыль	0,36	2,4	0,7	1,4	11
		NO <sub>2</sub>	0,04	1,0	0,09	1,1	0,4
Актобе	10,5	NO <sub>2</sub>	0,05	1,3	0,1	1,2	1
		Формальдегид	0,014	4,7	0,028		
Алматы	15,1	Пыль	0,3	2,0	1,4	2,8	11
		CO	4,30	1,4	28	5,6	26
		NO <sub>2</sub>	0,09	2,3	0,32	3,8	50
		Фенол	0,002		0,013	1,3	0,1
		Формальдегид	0,015	5,0	0,062	1,8	4
Астана	3,5	Пыль	0,34	2,3	3,30	6,6	20
		NO <sub>2</sub>	0,03		0,13	1,5	3
		CO	1,1		6	1,2	0,4
		NF	0,002		0,022	1,1	0,2

Пункт	ИЗА <sub>5</sub>	Примесь	Средняя концентрация		Максимальная концентрация		Р, % выше ПДК
			мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	
Атырау	1,6	Пыль	0,12		0,40		
Балхаш	2,9	Пыль	0,17	1,1	4,20	8,4	2
		SO <sub>2</sub>	0,069	1,4	4,355	8,7	3
пос. Глубокое	5,9	Пыль	0,07		1,0	2,0	2
		SO <sub>2</sub>	0,11	2,2	0,475	1,0	
		NO <sub>2</sub>	0,05	1,3	0,14	1,6	14
		Фенол	0,003	1,0	0,014	1,4	1
Жезказган	5,3	Пыль	0,29	1,9	1,00	2,0	7
		SO <sub>2</sub>	0,008		0,500	1,0	
		NO <sub>2</sub>	0,04	1,0	0,11	1,3	1
		Фенол	0,005	1,7	0,015	1,5	9
Караганда	12,0	Пыль	0,07		0,80	1,6	1
		NO <sub>2</sub>	0,05	1,3	0,19	2,2	10
		CO	1,5		6	1,2	0,4
		Фенол	0,006	2,0	0,016	1,6	3
		Формальдегид	0,014	4,7	0,025		
Костанай	3,4	CO	1,8		13	2,6	3
		NO <sub>2</sub>	0,06	1,5	0,200	2,4	10
Павлодар	1,1	Пыль	0,07		1,0	2,0	0,9
		CO	1,2		15	3,0	1
		NO <sub>2</sub>	0,02		0,11	1,3	0,2
Петропавловск	4,1	NO <sub>2</sub>	0,04	1,0	0,0,9	1,1	0,2
		Формальдегид	0,004	1,3	0,011		
		CO	2,1		6	1,2	0,2
Риддер	8,6	SO <sub>2</sub>	0,094	1,9	0,16		
		NO <sub>2</sub>	0,08	2,0	0,15	1,8	43
		Фенол	0,006	2,0	0,012	1,2	0,9
Семипалатинск	4,6	CO	3,00	1,0	10	2,0	11
		NO <sub>2</sub>	0,04	1,0	0,21	2,5	16
		Фенол	0,003	1,0	0,016	1,6	1
Тараз	7,7	Пыль	0,14		1,70	3,4	0,4
		CO	2,1		35	7,0	5
		NO <sub>2</sub>	0,06	1,5	0,17	2,0	12
		NF	0,003		0,033	1,7	1
		Формальдегид	0,008	2,7	0,056	1,6	1
Темиртау	9,2	Пыль	0,26	1,8	1,40	2,8	11
		Фенол	0,010	3,3	0,043	4,3	37
		CO	0,9		7	1,4	0,2
		H <sub>2</sub> S	0,002		0,022	2,8	2
		NH <sub>3</sub>	0,72	1,8	0,36	1,8	2
		NO <sub>2</sub>	0,02		0,16	1,9	1

Пункт	ИЗА <sub>5</sub>	Примесь	Средняя концентрация		Максимальная концентрация		Р, % выше ПДК
			мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	
Уральск	0,8	<i>NO<sub>2</sub></i>	0,02		0,03		
Усть-Каменогорск	9,3	<i>Пыль</i>	0,31	2,1	3,3	6,6	20
		<i>SO<sub>2</sub></i>	0,125	2,5	1,462	2,9	0,7
		<i>CO</i>	1,3	0,4	14	2,8	3
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,06	1,5	0,71	8,4	19
		<i>Фенол</i>	0,004	1,3	0,034	3,4	9
		<i>Хлор</i>	0,028		0,200	2,0	0,6
		<i>NF</i>	0,001		0,033	1,7	0,1
		<i>H<sub>2</sub>S</i>	0,001		0,010	1,3	0,2
Шымкент	12,2	<i>Пыль</i>	0,23	1,5	0,70	1,4	0,9
		<i>CO</i>	2,6		24	4,8	8
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,01	2,5	2,03	23,9	17
		<i>H<sub>2</sub>S</i>	0,002		0,025	3,1	0,4
		<i>Формальдегид</i>	0,011	3,7	0,053	1,5	0,3
Экибастуз	1,5	<i>Пыль</i>	0,08		0,60	1,2	0,4
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,02		0,16	1,9	3

Наибольшие средние концентрации взвешенных веществ (пыли) наблюдались в г. Астане, г. Жезказгане и г. Актау и превышали 2 ПДК, в г. Алматы, г. Балхаше, г. Темиртау, г. Жезказгане и г. Шымкенте составили 1,1...2,0 ПДК. В г. Балхаше наблюдалась максимальная из разовых концентраций пыли - более 8 ПДК, в г. Астане и г. Усть-Каменогорске – 6,6 ПДК, в г. Таразе – 3 ПДК, в г. Алмате и г. Темиртау – 2 ПДК, в г. Актау, г. Жезказгане, г. Караганде, г. Павлодаре, г. Шымкенте, г. Экибастузе, г. Семипалатинске, пос. Глубоком – 1,2...2,0 ПДК.

Средние за квартал концентрации **диоксида серы** в г. Усть-Каменогорске и пос. Глубоком превышали 2 ПДК, в г. Балхаше и г. Риддере – 1 ПДК. В г. Балхаше отмечена максимальная из разовых концентраций диоксида серы равная 8,7 ПДК, в г. Усть-Каменогорске – 2,9 ПДК, в г. Жезказгане и пос. Глубоком – 1 ПДК.

Средний уровень загрязнения воздуха **оксидом углерода** в г. Алматы составил 1,4 ПДК, в г. Семипалатинске - 1,0 ПДК. В г. Таразе зарегистрирована максимальная из разовых концентраций оксида углерода, которая достигала 7,0 ПДК, в г. Шымкенте – 4,8 ПДК, в г. Костаная, г. Павлодаре, г. Семипалатинске и г. Усть-Каменогорске она находилась в пределах 2,0...3,0

ПДК, а в городах Караганда, Петропавловск, Астана и Темиртау превышала 1 ПДК.

Средняя за квартал концентрация **диоксида азота** в г. Алматы и г. Шымкенте превышала 2 ПДК, в городах Актау, Актобе, Жезказгане, Караганде, Костане, Риддере, Семипалатинске, Усть-Каменогорске, Петропавловске, Таразе и пос. Глубоком находилась в пределах 1...2 ПДК. Максимальная из разовых концентраций диоксида азота в г. Шымкенте равнялась 23,9 ПДК, в г. Усть-Каменогорске превышала 8,4 ПДК, в г. Алматы – 3,8 ПДК, в г. Караганде, г. Костане и г. Семипалатинске – 2 ПДК, в городах Актау, Актобе, Астана, Жезказган, Павлодар, Петропавловск, Риддер, Тараз, Темиртау, Экибастуз и пос. Глубокое – 1 ПДК.

Высокий уровень загрязнения воздуха **формальдегидом** в г. Алматы составила 5 ПДК, в г. Актобе и г. Караганде составили 4,7 ПДК, в г. Шымкенте – 3,7 ПДК, в г. Таразе – 2,7 ПДК, в г. Петропавловске и г. Усть-Каменогорске – 3,4 ПДК. В г. Шымкенте, г. Таразе и г. Алматы зарегистрирована максимальная из разовых концентрации формальдегида - выше 1 ПДК.

Средние концентрации **фенола** в г. Темиртау составили 3,3 ПДК, в г. Жезказгане, г. Караганде, г. Риддере, г. Семипалатинске, г. Усть-Каменогорске и пос. Глубоком – находились в пределах 1...2 ПДК. В г. Темиртау зарегистрирована максимальная из разовых концентраций фенола равная 4,3 ПДК, в г. Усть-Каменогорске 3,4 ПДК, в г. Алматы, г. Караганде, г. Жезказгане, г. Риддере, г. Семипалатинске и пос. Глубоком – 1 ПДК.

В г. Усть-Каменогорске максимальная из разовых концентраций содержание **хлора** достигала 2 ПДК, **хлористого водорода** - 1,3 ПДК.

Максимальная из разовых концентраций **фтористого водорода** в г. Астане, г. Таразе и г. Усть-Каменогорске превышала 1 ПДК.

В г. Темиртау средняя и максимальная из разовых концентраций **аммиака** превышала 1 ПДК.

Максимальная из разовых концентраций **сероводорода** в г. Шымкенте достигала 3,1 ПДК, в г. Темиртау – 2,8 ПДК, в г. Усть-Каменогорске – 1,3 ПДК.

По сравнению с 3 кварталом 2005 г. в городах Актау, Астана, Балхаш Жезказган, Костанай, Павлодар, Петропавловск, Тараз, Уральск и Экибастуз состояние загрязнения атмосферного воздуха существенно не изменилось. В городах Актобе, Алматы, Риддер, Темиртау, Усть-Каменогорск, Шымкент и пос. Глубо-

кое отмечено увеличение уровня загрязнения воздуха, а в городах Семипалатинск, Атырау и Караганда – снижение (Табл. 1.3, рис. 1.1).

Таблица 1.3

Приоритетный список городов Казахстана по уровню загрязнения атмосферного воздуха

Город	ИЗА <sub>5</sub>			Отрасли промышленности, влияющие на состояние загрязнения воздуха
	4 кв. 2004 г.	3 кв. 2005 г.	4 кв. 2005 г.	
Алматы	18,7	14,0	15,1	автотранспорт, энергетика
Шымкент	13,6	10,7	12,2	цветная металлургия, химическая, нефтеперерабатывающая энергетика,
Караганда	14,0	15,4	12,0	угледобывающая, автотранспорт
Актобе	9,6	9,5	10,5	черная металлургия, химическая
Усть-Каменогорск	6,7	8,3	9,3	цветная металлургия, энергетика
Темиртау	7,7	7,9	9,2	черная металлургия, энергетика
Риддер	7,6	7,8	8,6	цветная металлургия, энергетика
Тараз	7,7	7,8	7,7	химическая
пос. Глубокое	4,1	4,1	5,9	цветная металлургия
Жезказган	5,0	5,3	5,3	цветная металлургия, энергетика
Семипалатинск	3,5	5,6	4,6	энергетика, строительных материалов
Актау	3,8	4,3	4,2	химическая
Петропавловск	4,4	3,6	4,1	энергетика
Астана	3,0	3,7	3,5	автотранспорт, энергетика
Костанай	3,5	2,9	3,4	энергетика
Балхаш	4,6	3,0	2,9	цветная металлургия, энергетика
Атырау	2,2	2,7	1,6	нефтеперерабатывающая
Экибастуз	1,1	1,4	1,5	энергетика, угледобывающая
Павлодар	1,1	1,3	1,1	нефтеперерабатывающая, энергетика
Уральск	0,4	0,7	0,8	энергетика
<b>Средний ИЗА</b>	<b>6,12</b>	<b>6,00</b>	<b>6,18</b>	

По сравнению с 4 кварталом 2004 г. в городах Актау, Астана, Атырау, Жезказган, Костанай, Павлодар, Петропавловск, Тараз, Уральск и Экибастуз уровень загрязнения атмосферного воздуха значительно не изменился, в го-

родах Алматы, Балхаш, Караганда и Шымкент - снизился, в городах Темиртау, Актобе, Риддер, Семипалатинск, Усть-Каменогорск и пос. Глубокое - увеличился (Табл. 1.3).

## 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 рыбохозяйственного, 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 **4 квартале 2005 г.**, наиболее загрязненным является бассейн реки Иртыш (Табл. 2.1).

Максимально загрязнены поверхностные воды рек **Красноярка и Эмель** (ИЗВ – 11,83...16,99, 7 класс – «чрезвычайно грязные») при превышении ПДК по меди 2,4 ПДК, цинку - 55 ПДК и марганцу - 11,5...97,0 ПДК.

Содержание загрязняющих веществ в реках **Тихая и Глубочанка** определялось по азоту аммонийному (до 2 ПДК), азоту нитритному (до 1,9 ПДК), меди (до 9,3 ПДК), цинку (7...26 ПДК) и марганцу (до 8,4 ПДК). Индекс загрязненности воды этих рек равен 7,69...7,86 (6 класс – «очень грязные»).

Содержание загрязняющих веществ в реках **Брекса и Ульба** определялось по меди (до 6,6 ПДК), цинку (до 15,9 ПДК) и марганцу (до 5,3 ПДК). Индекс загрязненности воды этих рек равен 4,61...5,00 (5 класс – «грязные»).

Качество воды в реках **Бухтарма и Аягуз** относится к 3-му классу – «умеренно загрязненные» (ИЗВ – 1,16...1,25). Наблюдалось превышения ПДК по БПК<sub>5</sub> (р. Аягуз – 1,9 ПДК), по меди (р. Бухтарма – 2,1 ПДК).

На участке г. Усть-Каменогорск – г. Семипалатинск – г. Павлодар индекс загрязненности воды реки **Иртыш** составляет 0,79, что соответствует 3-му классу – «умеренно загрязненная», повышенные содержания загрязняющих веществ не наблюдались.

Река **Уба**, вдхр. **Бухтарминское** и **Усть-Каменогорское**, оз. Макаколь отнесены ко 2-му классу – «чистые» (ИЗВ – 0,52...0,95). Превышения ПДК не наблюдались.

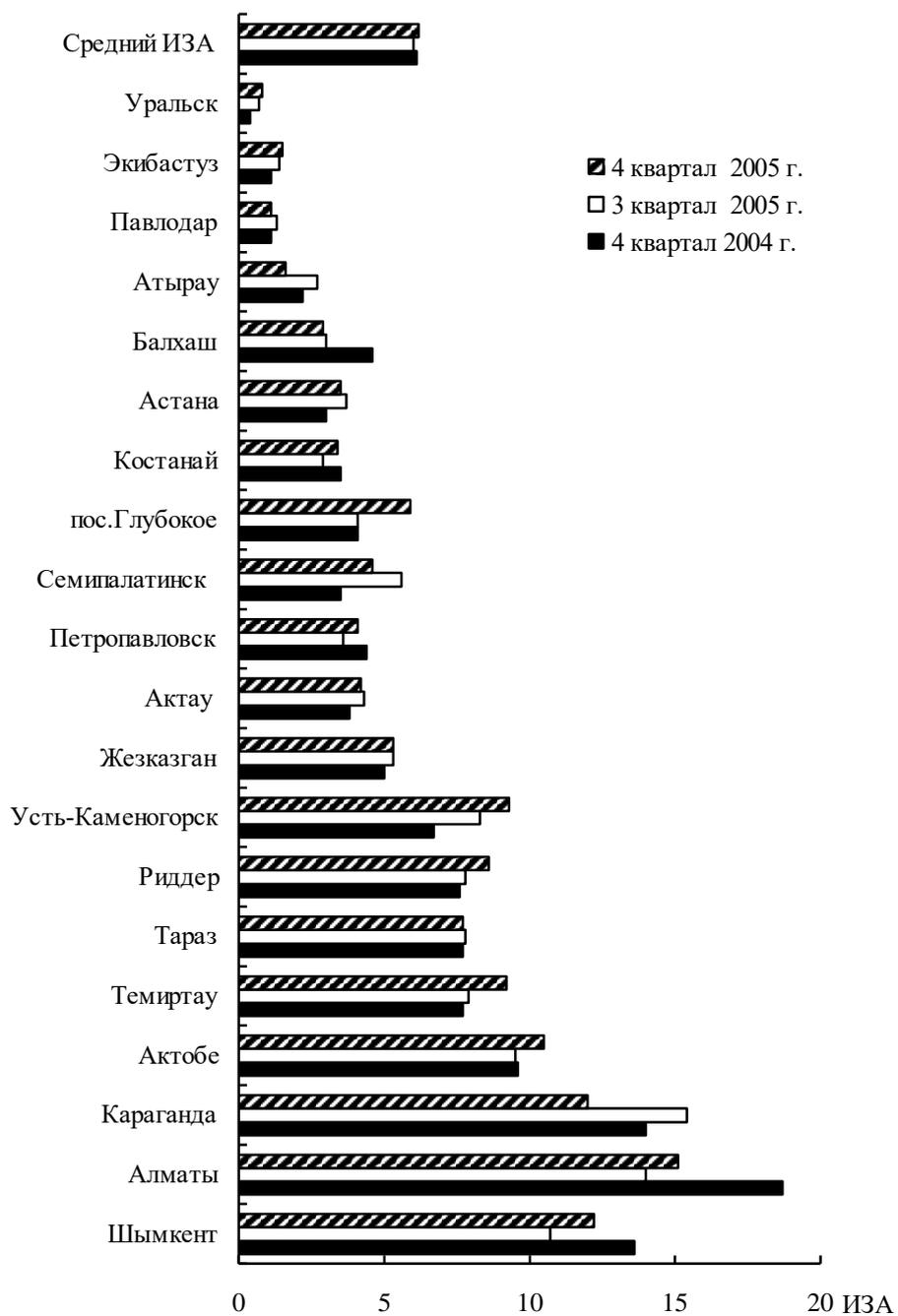


Рис. 1.1. Динамика индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) по городам Республики Казахстан.

Таблица 2.1

Состояние качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям в 4 квартале 2005 г.

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	4 кв. 2003 г.	3 кв. 2005 г.	4 кв. 2005 г.				
р. Иртыш (Восточно-Казахстанская)	1,56	1,01	0,79	-	-	-	2 класс, чистая
р. Иртыш (Павлодарская)	1,49	1,15	0,79	-	-	-	2 класс, чистая
р. Бухтарма (Восточно-Казахстанская)	1,57	1,17	1,16	Медь	0,0021	2,1	3 класс, умеренно загрязненная
р. Брекса (Восточно-Казахстанская)	23,50	4,43	5,00	Медь	0,0066	6,6	5 класс, грязная
				Цинк	0,146	14,6	
				Марганец	0,053	5,3	
р. Тихая (Восточно-Казахстанская)	5,99	5,50	7,69	Азот нитритный	0,039	1,9	6 класс, очень грязная
				Медь	0,0063	6,3	
				Цинк	0,070	7,0	
				Азот аммонийный	0,78	2,0	
				Марганец	0,034	3,4	
р. Ульба (Восточно-Казахстанская)	5,67	2,91	4,61	Медь	0,032	3,2	5 класс, грязная
				Цинк	0,159	15,9	
				Марганец	0,045	4,5	
р. Глубочанка (Восточно-Казахстанская)	18,44	4,26	7,86	Азот нитритный	0,035	1,8	6 класс, очень грязная
				Медь	0,0093	9,3	
				Цинк	0,260	26,0	
				Азот аммонийный	0,74	1,9	
р. Красноярка (Восточно-Казахстанская)	21,55	6,79	11,83	Марганец	0,084	8,4	7 класс, чрезвычайно грязная
				Медь	0,0024	2,4	
				Цинк	0,550	55,0	
Марганец	0,115	11,5					
р. Уба (Восточно-Казахстанская)	3,05	1,83	0,60	-	-	-	2 класс, чистая

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	4 кв. 2003 г.	3 кв. 2005 г.	4 кв. 2005 г.				
р. Эмель (Восточно-Казахстанская)	1,39	1,65	16,99	Марганец	0,970	97,0	7 класс, чрезвычайно грязная
р. Аягуз (Восточно-Казахстанская)		0,97	1,25	БПК <sub>5</sub>	5,60	1,9	3 класс, умеренно загрязненная
вдхр. Бухтарминское (Восточно-Казахстанская)	0,67	1,03	0,55	-	-	-	2 класс, чистая
вдхр. Усть-Каменогорское (Восточно-Казахстанская)	0,72	1,02	0,52	-	-	-	2 класс, чистая
оз. Маркоколь (Восточно-Казахстанская)			0,95	-	-	-	2 класс, чистая
р. Урал (Западно-Казахстанская)	0,64	0,72	0,76	-	-	-	2 класс, чистая
р. Чаган (Западно-Казахстанская)	0,63	0,68	1,02	Азот нитритный	0,184	2,3	3 класс, умеренно загрязненная
р. Деркул (Западно-Казахстанская)	0,89	0,62	0,82	-	-	-	2 класс, чистая
р. Малый – Узень (Западно-Казахстанская)		0,85	1,23	Фенолы	0,002	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. Большой – Узень (Западно-Казахстанская)		0,99	1,12	БПК <sub>5</sub>	5,28	2,6	3 класс, умеренно загрязненная
р. Илек (Западно-Казахстанская)		1,28	0,69	Хром (6+)	0,035	1,8	2 класс, чистая
р. Илек (Актюбинская)	3,82	4,41	4,74	Бор	0,38	22,4	5 класс, грязная
				Хром (6+)	0,260	13,0	
р. Тобол (Костанайская)	0,46	0,41	0,57	ХПК	62,4	2,1	2 класс, чистая
р. Ишим (Северо-Казахстанская)	0,82	1,28	1,08	Железо общее	0,20	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Цинк	0,017	1,7	
вдхр. Сергеевское (Северо-Казахстанская)	0,77	1,18	1,01	Железо общее	0,15	1,5	3 класс, умеренно загрязненная
				Цинк	0,018	1,8	
р. Ишим (Акмолинская)	0,66	0,53	0,64	-	-	-	2 класс, чистая
вдхр. Вячеславское (р. Ишим)	0,54	0,59	0,55	-	-	-	2 класс, чистая
р. Ак-Булак (г. Астана)	2,10	1,07	0,71	Сульфаты	190	1,9	2 класс, чистая

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	4 кв. 2003 г.	3 кв. 2005 г.	4 кв. 2005 г.				
р. Сары-Булак (г. Астана)	1,39	1,25	0,93	Сульфаты	193	1,9	2 класс, чистая
р. Жабай (Акмолинская)	0,93	1,03	0,99	Сульфаты	240	2,4	2 класс, чистая
р. Нура (Акмолинская)	1,29	0,89	1,11	Сульфаты	340	3,4	3 класс, умеренно загрязненная
оз. Копа (Акмолинская)	1,05	1,03	1,08	Сульфаты	366	3,7	3 класс, умеренно загрязненная
оз. Боровое (Акмолинская)	0,35	0,39	0,37	–	–	–	2 класс, чистая
оз. Б. Чебачье (Акмолинская)	0,65	0,56	0,70	Сульфаты	202	2,0	2 класс, чистая
оз. Щучье (Акмолинская)	0,47	0,56	0,50	-	-	-	2 класс, чистая
р. Нура (Карагандинская)	2,05	2,74	2,03	БПК <sub>5</sub>	3,61	1,8	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,0018	1,8	
				Ртуть	0,0018	1,8	
р. Кара-Кенгир (Карагандинская)	3,61	5,38	4,92	Фенолы	0,003	3,0	5 класс, грязная
				Медь	0,0026	2,6	
				Нефтепродукты	0,30	6,0	
р. Шерубай_Нура (Карагандинская)		4,23	4,40	Азот нитритный	0,394	19,7	5 класс, грязная
				Медь	0,0027	2,7	
				Ртуть	0,00031	3,1	
вдхр. Самаркандское (Карагандинская)	1,01	2,11	1,51	Нефтепродукты	0,10	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Фенолы	0,002	2,0	
				Ртуть	0,00019	1,9	
вдхр. Кенгирское (Карагандинская)	2,21	2,99	2,38	Медь	0,0046	4,6	3 класс, умеренно загрязненная
				Нефтепродукты	0,49	9,8	
оз. Балхаш (Карагандинская)	2,40	2,82	2,79	Медь	0,012	12,0	4 класс, загрязненная
Р. Или (Алматинская)	1,21	1,91	2,19	Медь	0,0081	8,1	3 класс, умеренно загрязненная

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	4 кв. 2003 г.	3 кв. 2005 г.	4 кв. 2005 г.				
р. Шарын (Алматинская)	1,31	1,28	2,03	Медь	0,008	8,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. Шилик (Алматинская)	1,17	1,21	1,88	Медь	0,008	8,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. Тургень (Алматинская)	2,57	1,56	2,46	Медь	0,011	11,0	2 класс, чистая
р. Текес (Алматинская)	1,14	1,02	2,04	Медь	0,008	8,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. Хоргос (Алматинская)	1,02	1,51	1,59	Медь	0,005	5,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. Каркара (Алматинская)	1,06	1,60	2,26	Медь	0,010	10,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. Баянкол (Алматинская)	0,99	2,05	2,65	Медь	0,012	12,0	4 класс, загрязненная
вдхр. Капчагайское (Алматинская)	1,24	1,66	1,88	Медь	0,007	7,0	3 класс, умеренно загрязненная
вдхр. Куртинское (Алматинская)		1,80	2,86	Медь	0,012	12,0	4 класс, загрязненная
вдхр. Бартогай (Алматинская)			2,20	Медь	0,009	9,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. М. Алматинка (г. Алматы)	1,37	1,02	1,01	Медь	0,002	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. Есентай (г. Алматы)	1,11	1,10	1,52	Медь	0,003	3,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Азот нитритный	0,052	2,6	
р. Б. Алматинка (г. Алматы)	1,15	1,41	1,09	Медь	0,003	3,0	3 класс, умеренно загрязненная
оз. Большое Алматинское	0,98	0,95	0,75				2 класс, чистая
р. Талас (Жамбылская)	0,66	1,18	1,25	Медь	0,0025	2,5	3 класс, умеренно загрязненная
р. Шу (Жамбылская)	1,93	1,62	1,92	Фенолы	0,002	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,005	5,0	
р. Асса (Жамбылская)	0,73	1,04	1,23	Медь	0,003	3,0	3 класс, умеренно загрязненная

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	4 кв. 2003 г.	3 кв. 2005 г.	4 кв. 2005 г.				
вдхр. Ташуткульское (Жамбылская)	1,38	1,19	1,27	Медь	0,003	3,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. Сырдарья (Южно-Казахстанская)	2,14	1,97	2,43	<b>Сульфаты</b>	634	6,3	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,004	4,0	
р. Келес (Южно-Казахстанская)	3,10	3,40	3,42	<b>Сульфаты</b>	1092	10,9	4 класс, загрязненная
				Медь	0,005	5,0	
р. Бадам (Южно-Казахстанская)	2,05	1,53	1,91	<b>Сульфаты</b>	260	2,6	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,005	5,0	
р. Бугунь (Южно-Казахстанская)	0,43	0,56	0,49	-	-	-	2 класс, чистая
р. Катта-Бугунь (Южно-Казахстанская)	0,72		0,44	-	-	-	2 класс, чистая
вдхр. Шардаринское (Южно-Казахстанская)	2,12	1,14	2,35	Сульфаты	652	6,5	3 класс, умеренно загрязненная
р. Келес (Кызылординская)	2,15	1,72	2,37	<b>Сульфаты</b>	681	6,8	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,003	3,0	

Таблица 5.1

Химический состав атмосферных осадков (по данным наблюдений за 4 квартал 2005 года)

Метеостанция	Количество осадков, мм	Сумма ионов, мг/дм <sup>3</sup>	pH	Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>										Концентрация микроэлементов, мкг/дм <sup>3</sup>				Электропроводность, мкСм/см <sup>3</sup>
				Анионы				Катионы						Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	
				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>						
<b>Акмолинская область</b>																		
Астана	46,6	68,45	6,553	20,354	11,709	1,951	11,33	1,03	6,83	2,16	2,52	10,55	1,5	25,3	1,2	0,4	139	
Боровое	32,4	15,28	5,367	3,11	2,46	1,86	2,77	0,50	1,68	1,08	0,30	1,50	0,3	8,0	0,5	0,2	29	
Щучинск	28,8	53,79	6,207	21,013	2,5997	1,138	13,689	0,92	2,54	1,81	3,66	6,41	0,9	13,3	0,5	0,3	99	
<b>Актюбинская область</b>																		
Актобе	54,6	83,34	6,75	16,214	12,199	1,356	28,604	0,236	9,5095	2,00	3,01	10,18	5,8	32,9	0,1	0,4	141	
Аяккум	11,5	257,83	7,10	61,784	28,128	3,648	81,612	1,40	25,078	18,481	9,07	28,59	5,5	29,4	0,4	0,7	443	
Мугоджарская	27,0	108,94	6,43	34,34	11,67	2,63	26,72	0,75	7,78	4,24	4,99	15,80	0,0	26,2	0,0	0,9	202	
Новороссийск	45,4	135,24	6,75	45,81	32,175	0,63	18,06	0,53	16,21	7,26	3,68	10,89					261	
Шалкар	26,6	37,52	6,41	7,82	4,37	1,40	12,80	0,738	3,4101	0,97	1,42	4,57	0,0	18,3	0,0	0,1	65	
<b>Алматинская область</b>																		
Алматы	82,3	39,15	6,05	12,01	6,82	3,54	3,88	1,36	3,42	1,91	1,25	4,89	10,4	55,9	1,5	0,6	78	
Аул-4	15,9	149,70	6,74	40,74	21,00	4,01	34,59	0,73	18,092	9,61	4,19	16,732	2,8	15,3	0,0	0,2	265	
Есик	87,3	13,35	5,77	3,49	2,24	2,05	1,48	0,69	0,70	0,45	0,61	1,60	2,3	49,9	0,0	0,3	22	
Капчагай	41,7	41,42	6,20	6,05	5,55	0,87	15,98	0,14	4,11	1,02	1,41	6,29					71	
Мынжилки	79,0	7,52	6,05	1,40	1,05	0,50	2,42	0,25	0,55	0,15	0,27	0,90	2,6	15,8	0,7	0,2	13	
Текели	70,3	49,59	6,53	12,87	4,97	1,99	16,53	0,59	1,93	1,07	4,16	5,46	3,3	15,3	0,0	0,3	89	
<b>Атырауская область</b>																		
Атырау	81,7	183,61	6,907	52,695	22,309	2,796	53,048	1,305	16,11	2,25	7,73	25,321	13,8	30,0	0,5	0,8	320	
Пешной	40,6	108,03	6,853	18,276	11,109	1,888	44,569	0,812	12,353	4,26	2,84	11,843	3,5	73,27	0,0	0,8	169	
<b>Восточно-Казахстанская область</b>																		
Большенарымское	103,7	10,64	5,87	2,20	2,12	1,05	1,63	0,11	1,23	0,65	0,20	1,39	1,3	61,4	0,1	0,4	19	
Лениногорск	85,6	36,84	6,18	8,45	2,92	0,70	14,41	0,80	1,92	0,86	1,75	4,97	1,3	69,2	0,5	0,2	61	
Семипалатинск	51,2	58,73	6,76	12,281	5,29	3,05	21,274	0,111	1,8101	3,07	2,79	8,96	1,5	93,8	2,4	0,6	99	

Метеостанция	Количество осадков, мм	Сумма ионов, мг/дм <sup>3</sup>	pH	Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>										Концентрация микроэлементов, мкг/дм <sup>3</sup>				Электропроводность, мкСм/см <sup>2</sup>
				Анионы					Катионы					Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	
				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>						
Усть-Каменогорск	130,9	35,30	5,90	9,58	4,42	1,29	9,080	0,379	3,63	0,95	1,45	4,42	1,5	105,7	1,3	0,7	62	
<b>Жамбылская область</b>																		
Бурно-Октябрьское	78,8	26,82	6,42	2,99	3,19	1,30	11,29	0,22	1,67	1,70	1,44	2,95	1,5	58,9	1,5	0,8	41	
Жамбыл	54,7	23,28	5,737	7,21	2,66	1,78	4,80	0,19	1,65	0,72	0,88	3,35	2,6	36,3	0,5	0,8	41	
Толе-би	38,7	109,36	6,617	29,53	10,52	3,41	35,27	0,98	7,54	3,71	7,37	11,04					194	
<b>Западно-Казахстанская область</b>																		
Аксай	35,6	143,76	6,84	34,735	17,429	1,018	49,433	0,363	12,596	2,0901	8,6897	17,384	0	24	0	1,8	251	
Каменка	47,4	106,35	6,72	25,122	7,31	3,66	38,78	1,321	6,38	5,46	5,06	13,15	1,8	97	5,0	0,7	177	
Уральск	58,8	64,32	6,51	15,417	5,91	2,059	22,254	0,678	3,63	1,90	2,97	9,41	0,9	94	0,0	0,89	110	
<b>Карагандинская область</b>																		
Балхаш	16,6	59,91	6,34	26,29	5,87	1,26	7,81	0,11	6,13	1,58	2,81	7,87	5,8	108,5	59,3	5,0	116	
Жезказган	25,0	34,69	6,09	12,521	4,90	2,962	3,46	0,48	3,52	1,34	2,05	3,43	0,0	33,0	0,0	1,2	65	
Караганда	45,4	45,79	6,13	13,355	7,40	2,491	8,20	0,45	5,41	0,86	1,59	5,93	1,8	95,3	0,3	0,6	82	
Караг. СХОЗ	39,4	111,19	6,50	22,709	15,763	3,462	34,83	0,06	8,74	5,90	5,90	13,74	2,8	83,8	0,0	0,2	199	
<b>Кызылординская область</b>																		
Аральское море	10,5	111,40	6,80	28,33	13,91	2,77	32,2	0,70	14,66	3,32	2,22	13,275	0,0	19,2	0,0	0,2	181	
Джусалы	25,5	173,72	7,42	44,97	23,14	0,73	49,55	0,06	25,86	1,68	4,03	23,674	12,8	21,8	0,1	0,4	287	
<b>Костанайская область</b>																		
Костанай	21,0	65,32	6,02	19,748	10,229	0,601	13,731	1,755	5,50	3,73	3,18	6,7803	15,0	52,4	2,2	0,5	127	
<b>Мангистауская область</b>																		
Актау	29,2	242,41	6,85	42,761	54,487	3,842	63,303	1,929	27,784	13,24	6,92	28,066	5,455	63,46	3,5	1,7	421	
Форт-Шевченко	20,8	493,56	7,537	96,851	156,86	3,48	67,88	0,303	91,734	6,56	4,56	65,243	1,20	87,9	0,0	0,4	955	
<b>Павлодарская область</b>																		
Иртышск	14,0	36,46	5,98	12,70	3,80	2,66	6,13	0,42	1,88	2,21	1,67	4,95	2,4	31,1	0,5	0,3	67	
Павлодар	36,7	43,11	6,18	14,79	7,08	2,88	4,47	0,57	5,08	1,46	1,21	5,51	0,8	48,2	1,7	0,9	83	
Экибастуз	28,5	51,07	6,46	13,89	5,30	2,68	14,32	1,25	3,56	2,02	2,92	5,15					85	
<b>Северо-Казахстанская область</b>																		
Петропавловск	36,9	43,01	5,767	6,26	11,94	1,65	8,57	1,76	7,07	1,70	1,12	2,89	15,2	35,16	0,0	0,32	80	

Метеостанция	Количество осадков, мм	Сумма ионов, мг/дм <sup>3</sup>	pH	Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>								Концентрация микроэлементов, мкг/дм <sup>3</sup>				Электропроводность, мкСм/см <sup>3</sup>	
				Анионы				Катионы				Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>		
				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>						Ca <sup>2+</sup>
<b>Южно-Казахстанская область</b>																	
Казыгурт	133,8	54,82	6,22	6,31	5,77	1,92	23,99	0,93	5,84	2,61	1,45	5,98	1,3	26,1	0,0	0,1	69
Шымкент	139,3	66,92	7,02	8,42	2,81	1,85	38,45	0,26	2,32	0,83	3,66	8,26	1,7	61,8	2,9	0,6	99

Реки **Урал, Илек** и **Деркул** (Западно-Казахстанская область) отнесены ко 2-му классу – «чистые» (ИЗВ – 0,69...0,82). Выявлено превышение ПДК по хрому (6+) в р. Илек – 1,8 ПДК.

Реки **Чаган, Малый** и **Большой Узень** (Западно-Казахстанская область) по качеству воды относятся к 3-му классу – «умеренно загрязненные», ИЗВ = 1,02...1,23. Превышение ПДК наблюдались по азоту нитритному (р. Чаган – 2,3 ПДК), по БПК<sub>5</sub> (р. Б. Узень – 2,6 ПДК) и фенолам (р. М. Узень – 2 ПДК).

Река **Илек** в Актюбинской области относится к «грязным» водным объектам. Содержание бора составляет 22,4 ПДК и шестивалентного хрома – 13 ПДК. Среднее значение ИЗВ – 4,74, по качеству вода реки 5-го класса.

Река **Тобол** (Костанайская область) по качеству воды относится ко 2-му классу – «чистая», ИЗВ = 0,57. Превышение ПДК наблюдалось по ХПК (2,1 ПДК).

Река **Ишим** и вдхр. **Сергеевское** (Северо-Казахстанская область) соответствуют 3-му классу – «умеренно загрязненные», ИЗВ – 1,08 (р. Ишим) и 1,01 (вдхр. Сергеевское). Отмечались превышения ПДК по железу общему (до 2 ПДК) и цинку (до 1,8 ПДК).

Реки **Ишим, Ак-Булак** (г. Астана), **Сары-Булак** (г. Астана), **Жабай**, вдхр. **Вячеславское** и озёра **Боровое, Щучье** и **Большое Чебачье** (Акмолинская область) по качеству воды относятся ко 2-му классу – «чистые», (ИЗВ – 0,37...0,99). Отмечены превышения ПДК по сульфатам (до 2,4 ПДК). В р. Ишиме, вдхр. Вячеславском, озерах Боровом и Щучьем превышение ПДК не наблюдались.

Река **Нура** и оз. **Копя** (Акмолинская область) характеризуются по качеству воды как «умеренно загрязненные» – 3 класс (ИЗВ – 1,08...1,11), при повышенном содержании сульфатов (до 3,7 ПДК).

По содержанию загрязняющих веществ в реках **Кара-Кенгир** и **Шерубай-Нура** (Карагандинская обл.) их можно отнести к 4-му классу – «загрязненные» (ИЗВ – 4,40...4,92). В поверхностных водах этих водных источников содержание загрязняющих веществ составило: в р. Кара-Кенгир по меди - 2,6 ПДК, фенолам - 3 ПДК и нефтепродуктам - 6 ПДК; в р. Шерубай-Нура по азоту нитритному - 19,7 ПДК, меди - 2,7 ПДК и ртути - 3,1 ПДК.

По качеству воды р. **Нура**, водохранилища **Кенгирское** и **Самаркандское** (Карагандинская обл.) относятся к 3-му классу – «умеренно загрязненные» (ИЗВ – 1,51...2,38). В поверхностных водах этих водных источников содержание загрязняющих веществ составило: в р. Нура по БПК<sub>5</sub> - 1,8 ПДК,

меди - 1,8 ПДК и ртути - 1,8 ПДК; в вдхр. Самаркандское по фенолам - 2 ПДК, нефтепродуктам - 2 ПДК и ртути - 1,9 ПДК; в вдхр. Кенгирское по меди - 4,6 ПДК и нефтепродуктам - 9,8 ПДК.

Качество воды в оз. **Балхаш** (Карагандинская обл.) относится к 4-му классу – «загрязненная» (ИЗВ – 2,79). В поверхностных водах этого водного источника содержание загрязняющих веществ составило по меди 12 ПДК.

Качество воды рек **Или, Шарын, Шилик, Турген, Каркара, Текес, Хоргос** и вдхр. **Капшагайское, Бартогай** (Алматинская область) соответствует 3-му классу – «умеренно загрязненные» (ИЗВ 1,59...2,46), при повышенном содержании меди (до 11 ПДК).

Превышения ПДК загрязняющих веществ в р. **Баянкол** и вдхр. **Куртинское** (Алматинская область) наблюдались по меди до 12 ПДК. ИЗВ составил 2,65...2,86, 4 класс – «загрязненные».

Озеро **Большое Алматинское** (Алматинская область) относится ко 2-му классу – «чистое», (ИЗВ = 0,75), превышения ПДК не наблюдались.

Индекс загрязненности воды рек **Малая и Большая Алматинки и Есентай** (г. Алматы) соответствует 3-му классу – «умеренно загрязненные» (ИЗВ 1,01...1,52), при повышенном содержании меди (до 3 ПДК) и азоту нитритному (р. Есентай - 2,6 ПДК).

Индекс загрязненности воды рр. **Талас, Шу, Асса** и вдхр. **Ташуккульское** (Жамбылская область) составил 1,23...1,92 (3 класс – «умеренно загрязненные»), при содержании меди до 5 ПДК и фенолов 2 ПДК (р. Шу).

Река **Келес** (Южно-Казахстанская область) относится к 4-му классу – «загрязненная» (ИЗВ – 3,42). Превышения ПДК наблюдались по сульфатам (10,9 ПДК) и меди (5 ПДК).

Загрязненность рр. **Сырдарья, Бадам** и вдхр. **Шардаринское** (Южно-Казахстанская область) определяется значением ИЗВ – 1,91...2,43 (3 класс – «умеренно загрязненные»), при содержании меди до 5 ПДК и сульфатов до 6,5 ПДК.

Качество поверхностных вод в рр. **Бугунь и Катта-Бугунь** (Южно-Казахстанская область) относятся ко 2-му классу – «чистые», ИЗВ до 0,49. Повышенные содержания ПДК не наблюдались.

Содержание загрязняющих веществ в р. Сырдарье (Кызылординская область) определялись по сульфатам (6,8 ПДК) и меди (3 ПДК). ИЗВ составил 3,37, поверхностные воды реки относятся к 3-му классу – «умеренно загрязненные».

По сравнению с 3 кварталом 2005 г. отмечаются изменения качества поверхностных вод (рис. 2.2., Табл. 2.1).

В Восточном Казахстане качество воды не изменилось в рр. Бухтарма, Брекса, Иртыш и Уба, в вдхр. Бухтарминское и Усть-Каменогорское наблюдается улучшение качества воды, в рр. Ульба, Тихая, Глубочанка, Красноярка, Эмель и Аягуз качество воды ухудшилось.

В Западном Казахстане качество воды на один класс ухудшилось в рр. Чаган, Большой и Малый Узень. В р. Илек (ЗКО) наблюдается улучшение состояния воды. По остальным рекам изменений не наблюдалось.

На территории Северного и Центрального Казахстана качество воды улучшилось в реках Сары-Булак, Жабай, Нура (Карагандинская) и Ак-Булак; ухудшилось в р. Нуре (Акмолинская) и не изменилось по остальным водным объектам.

В Южном Казахстане отмечено ухудшение качества воды в р. Баянкол и вдхр. Куртинском. Для остальных наблюдаемых водных объектов качество воды осталось на прежнем уровне.

За этот же период отмечается ухудшение качества воды в реках, находящихся под влиянием населенных пунктов: Ульба (рудн. Тишинский и г. Усть-Каменогорск), Тихая (г. Риддер), Глубочанка (пос. Глубокое и с. Белоусовка), Красноярка (с. Предгорное). По другим наблюдаемым водным объектам, находящимся под влиянием городов и промышленных центров, качество воды не изменилось или несколько улучшилось (табл. 2.2): Ишим (г. Петропавловск), Ак-Булак (г. Астана), Сары-Булак (г. Астана), Жабай (г. Атбасар), Нура (г. Темиртау).

По сравнению с 4 кварталом 2004 г. также отмечаются изменения качества поверхностных вод (рис. 2.2., Табл. 2.1).

По рекам Восточного Казахстана качество воды не изменилось в реках Бухтарма, Ульба, Красноярка, вдхр. Бухтарминское и Усть-Каменогорское. По рекам Иртыш, Брекса, Глубочанка и Уба наблюдается улучшение качества воды. В реках Тихая и Эмель качество воды ухудшилось.

В Западном Казахстане качество воды на один класс ухудшилось в р. Чаган. В р. Илек (Актюбинская) наблюдается улучшение состояния воды. По остальным рекам изменений не наблюдалось.

На территории Северного и Центрального Казахстана качество воды улучшилось - в рр. Ак-Булак, Сары-Булак, ухудшилось - в вдхр. Сергеевское, р. Ишим (СКО), оз. Балхаш и не изменилось по остальным водным объектам.

В Южном Казахстане отмечено ухудшение качества воды в рр. Баянкол, Талас, Асса. Для остальных наблюдаемых водных объектов качество воды осталось на прежнем уровне.

За этот же период отмечается ухудшение качества воды в реках, находящихся под влиянием населенных пунктов: Тихая (г. Риддер), Илек (гг. Алга и Актюбинск), Нура (г. Темиртау), Талас (г. Тараз). По другим наблюдаемым водным объектам, находящимся под влиянием городов и промышленных центров, качество воды не изменилось или несколько улучшилось (табл. 2.2): Иртыш (гг. Усть-Каменогорск и Семипалатинск), Брекса (г. Риддер), Глубочанка (с. Белоусовка и пос. Глубокое), и Уба (г. Шемонаиха), Ак-Булак (г. Астана), Сары-Булак (г. Астана).

Таблица 2.2

Влияние населенных пунктов на уровень загрязненности поверхностных вод

Пункт контроля	ИЗВ			Характеристика качества воды
	4 кв. 2004 г.	3 кв. 2005 г.	4 кв. 2005 г.	
р. Иртыш, г. Усть-Каменогорск	1,60	0,97	0,91	2 кл., чистая
р. Иртыш, г. Семипалатинск	1,48	0,95	0,57	2 кл., чистая
р. Иртыш, г. Павлодар	1,44	1,15	1,03	3 кл., ум. загрязн.
р. Бухтарма, г. Зыряновск	1,56	1,17	1,09	3 кл., ум. загрязн.
р. Ульба, рудн. Тишинский	7,92	4,62	7,10	6 кл., очень грязная
р. Ульба, г. Усть-Каменогорск	2,69	1,77	2,94	4 кл., загрязненная.
р. Тихая, г. Риддер	5,99	5,50	7,68	6 кл., очень грязная
р. Брекса, г. Риддер	23,50	4,21	4,95	5 кл., грязная
р. Глубочанка, с. Белоусовка	20,59	4,94	8,54	6 кл., очень грязная
р. Глубочанка, с. Глубокое	16,23	2,81	6,37	6 кл., очень грязная
р. Красноярка, с. Предгорное	21,50	6,69	11,78	7 кл., чрез. грязная
р. Уба, г. Шемонаиха	2,73	1,77	0,60	2 кл., чистая
р. Урал, г. Уральск	0,60	0,63	0,72	2 кл., чистая
р. Чаган, г. Уральск	0,63	0,68	0,70	2 кл., чистая
р. Деркул, п. Ростоши		0,62	0,82	2 кл., чистая
р. Илек, г. Алга	5,20	6,18	6,31	6 кл., очень грязная
р. Илек, г. Актюбинск	2,51	3,17	3,47	4 кл., загрязненная
р. Ишим, г. Петропавловск				
0,2 км выше города	0,70	1,01	0,93	2 кл., чистая
4,8 км ниже города	0,76	1,02	0,88	2 кл., чистая
р. Ишим, с. Долматово	0,96	1,76	1,33	3 кл., ум. загрязн.
р. Ишим, г. Астана				
3 км выше города	0,53	0,59	0,54	2 кл., чистая
в черте города	0,64	0,66	0,65	2 кл., чистая
8 км ниже города	0,82	0,70	0,68	2 кл., чистая
р. Ак-Булак, г. Астана	2,08	1,07	0,71	2 кл., чистая

Пункт контроля	ИЗВ			Характеристика качества воды
	4 кв.	3 кв.	4 кв.	
	2004 г.	2005 г.	2005 г.	
р. Сары-Булак, г. Астана	1,39	1,25	0,93	2 кл., чистая
р. Жабай, г. Атбасар	0,90	1,03	0,99	2 кл., чистая
р. Нура, г. Темиртау	2,33	4,28	2,67	4 кл., загрязненная
р. Кара-Кенгир, г. Жезказган	4,00	6,51	5,78	5 кл., грязная
оз. Балхаш, бухта Бертыс	3,32	3,99	3,88	4 кл., загрязненная
оз. Балхаш, залив Тарангалык	2,38	2,79	2,35	3 кл., ум. загрязн.
оз. Балхаш (залив Малый Сары-Шаган)	2,44	3,11	2,94	4 кл., загрязнен.
р. Талас, г. Тараз	0,79	1,45	2,26	2 кл., чистая
р. Тобол, г. Костанай	0,46	0,41	0,57	2 кл., чистая
р. М. Алматинка, г. Алматы	1,37	1,02	1,01	3 кл., ум. загрязн.
р. Есентай, г. Алматы	1,11	1,10	1,52	3 кл., ум. загрязн.
р. Б. Алматинка, г. Алматы	1,15	1,41	1,09	3 кл., ум. загрязн.
р. Бадам, г. Шымкент	2,05	1,49	1,91	3 кл., ум. загрязн.
Шардаринское вдхр.	2,12	1,63	2,35	3 кл., ум. загрязн.
р. Сырдарья, г. Кызылорда	2,15	1,72	2,37	3 кл., ум. загрязн.

### 3 Радиационный гамма-фон за 4 квартал 2005 года

Наблюдения за мощностью дозы гамма-излучения на местности осуществлялись ежедневно на 66 метеорологических станциях.

Среднеквартальные значения мощности дозы гамма-излучения, усредненные по областям, а также максимальные и минимальные значения представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Мощность дозы гамма-излучения за 4 квартал 2005 года

Область	Мощность дозы, мкЗв/ч		
	средняя	максимальная	минимальная
Акмолинская	0,14	0,24	0,08
Актюбинская	0,13	0,19	0,06
Алматинская	0,15	0,22	0,10
Атырауская	0,14	0,19	0,10
Восточно-Казахстанская	0,15	0,22	0,06
Западно-Казахстанская	0,12	0,16	0,08
Жамбылская	0,16	0,22	0,11
Карагандинская	0,16	0,22	0,10
Костанайская	0,11	0,16	0,07
Павлодарская	0,13	0,21	0,08
Мангистауская	0,10	0,12	0,07
Северо-Казахстанская	0,11	0,20	0,08
Южно-Казахстанская	0,14	0,19	0,10

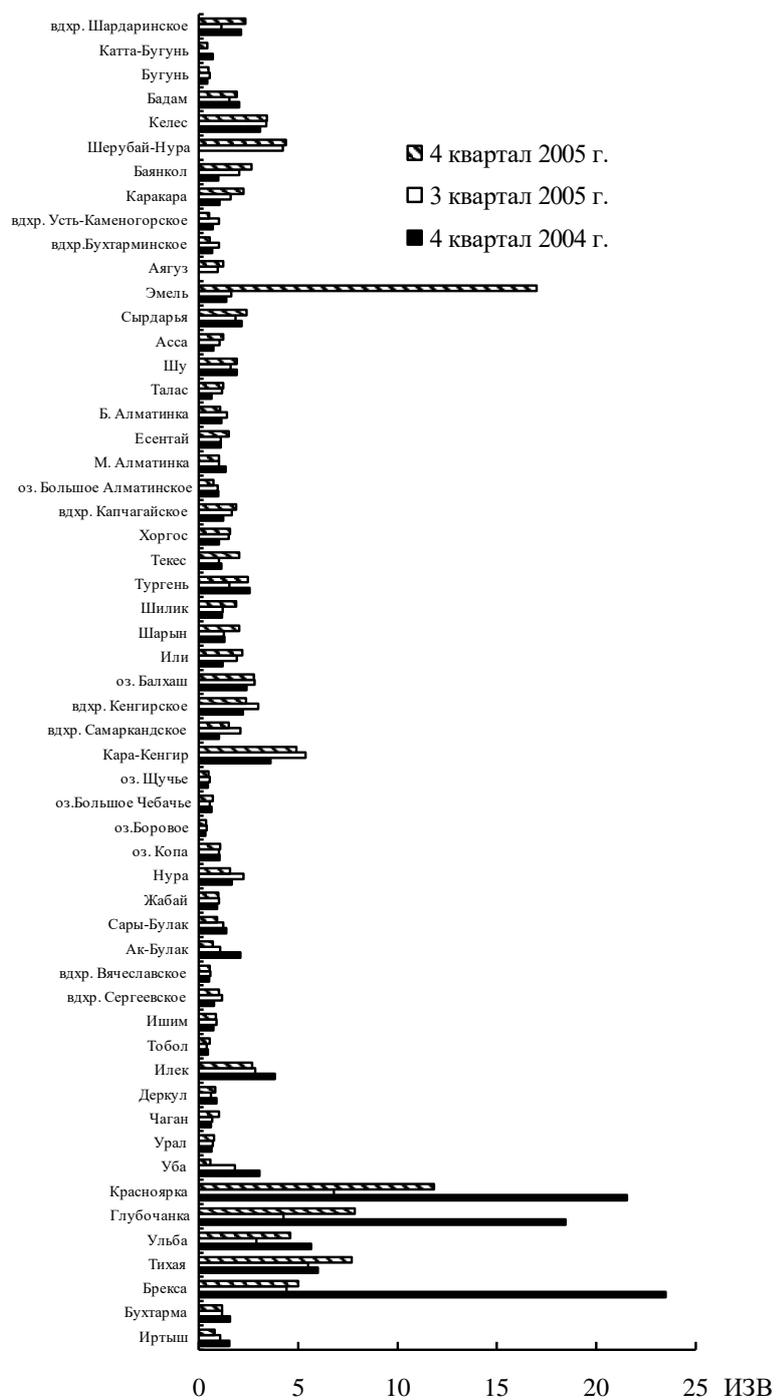


Рис. 2.2. Динамика индекса загрязненности воды рек Казахстана за 4 квартал 2005 г.

Средние значения мощности дозы гамма-излучения за 4 квартал 2005 г. по областям находились в пределах 0,10...0,16 мкЗв/ч. В среднем радиационный гамма-фон составил 0,13 мкЗв/ч и находился в допустимых пределах [7].

#### 4 Плотность радиоактивных выпадений за 4 квартал 2005 г.

Контроль за радиоактивным загрязнением приземной атмосферы за 4 квартал 2005 г. осуществлялся в 14 областях Казахстана на метеорологических станциях путем отбора проб воздуха горизонтальными планшетами. На всех станциях проводился пятисуточный отбор проб. Эффективность отбора проб планшетом составляет 0,7. Суммарная бетта-активность определялась на установках малого фона ПСО-2-4. Результаты лабораторных анализов приведены в табл. 4.1.

Среднесуточная плотность радиоактивных выпадений в приземной атмосфере на территории Республики Казахстан колебалась в пределах 0,9...1,4 Бк/м<sup>2</sup>. Средняя величина плотности выпадений за 4 квартал 2005 г. составила 1,1 Бк/м<sup>2</sup>.

Таблица 4.1

Плотность радиоактивных выпадений в приземной атмосфере на территории Республики Казахстан за 4 квартал 2005 г., Бк/м<sup>2</sup>

Населенный пункт	Плотность радиоактивных выпадений										среднее
	месяц										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
<b>Акмолинская</b>											
Акмола							1,2	1,2	1,3		1,2
Атбасар							1,1	1,1	1,2		1,1
Боровое							1,2	1,1	1,1		1,1
Кокшетау							1,0	1,1	1,1		1,1
Степногорск							1,1	1,1	1,1		1,1
По области							1,1	1,1	1,2		<b>1,1</b>
<b>Актюбинская</b>											
Актобе							1,2	1,2	1,1		1,2
Караул-Кельды							1,0	1,1	1,1		1,1
Шалкар							1,3	1,2	1,1		1,2
По области							1,2	1,2	1,1		<b>1,2</b>
<b>Алматинская</b>											
Алматы							1,1	1,2	1,3		1,2
Жаркент							1,0	1,2	1,1		1,1
Лепсинск							1,3	1,2	1,1		1,2
Нарынкол							1,0	1,2	1,2		1,2
Талды-Корган							1,0	1,2	1,2		1,1
По области							1,1	1,2	1,2		<b>1,2</b>

Населенный пункт	Плотность радиоактивных выпадений											
	месяц											среднее
	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
<b>Атырауская</b>												
Атырау							1,2	1,2	1,2			1,2
<b>Восточно-Казахстанская</b>												
Аягуз							1,2	1,2	1,3			1,2
Баршатас							1,2	1,3	1,2			1,2
Бахты							1,1	1,2	1,1			1,1
Зайсан							1,0	1,2	1,1			1,1
Кокпекты							1,1	1,2	1,1			1,1
Семипалатинск							1,1	1,2	1,2			1,2
Усть-Каменогорск							1,4	1,3	1,2			1,3
По области							1,2	1,2	1,2			<b>1,2</b>
<b>Жамбылская</b>												
Тараз							1,1	1,1	1,2			1,1
Толеби							0,9	1,1	1,1			1,0
Чиганак							1,4	1,2	1,1			1,2
По области							1,1	1,1	1,1			<b>1,1</b>
<b>Западно-Казахстанская</b>												
Тайпак							1,1	1,0	1,1			1,1
Уральск							0,9	1,2	1,1			1,1
По области							1,0	1,1	1,1			1,1
<b>Карагандинская</b>												
Балхаш							1,1	1,1	1,2			1,1
Жезказган							1,0	1,1	1,1			1,1
Караганда							1,0	1,2	1,2			1,1
По области							1,0	1,1	1,2			<b>1,1</b>
<b>Кызылординская</b>												
Кызылорда							1,0	1,2	1,1			1,1
Аральск							1,3	1,2	1,2			1,2
По области							1,2	1,2	1,2			<b>1,2</b>
<b>Костанайская</b>												
Костанай							1,1	1,1	1,1			1,1
<b>Мангистауская</b>												
Актау							1,3	1,1	1,2			1,2
Форт Шевченко							0,9	1,1	1,1			1,0
По области							1,1	1,1	1,2			<b>1,1</b>
<b>Павлодарская</b>												
Иртышск							1,1	1,1	1,0			1,1
Павлодар							0,9	1,1	1,1			1,0
Экибастуз							1,1	1,1	1,2			1,1
По области							1,1	1,1	1,1			<b>1,1</b>
<b>Северо-Казахстанская</b>												
Петропавловск							1,0	1,0	1,0			1,0

Населенный пункт	Плотность радиоактивных выпадений										среднее
	месяц										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
<b>Южно-Казахстанская</b>											
Шымкент							0,9	1,2	1,1		1,1
Туркестан							1,1	1,2	1,1		1,1
По области							1,0	1,2	1,1		<b>1,1</b>

### 5 Химический состав атмосферных осадков за 4 квартал 2005 г.

Данные мониторинга химического состава атмосферных осадков приведены за 4 квартал 2005 г. по метеостанциям РГП «Казгидромет» в табл. 5.1.

По программе Всемирной метеорологической организации в пробах осадков и снега определялись анионы – сульфаты, хлориды, нитраты; катионы – аммоний, натрий, калий, кальций, магний; микроэлементы – свинец, медь, кадмий, мышьяк, кислотность и удельная электропроводность.

Для оценки состояния загрязнения атмосферных осадков использованы значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для водоемов хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования (СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода»).

Все определяемые примеси в осадках не превышали предельно допустимые концентрации, из тяжелых металлов превышение ПДК выявлено по меди на МС Усть-Каменогорск Восточно-Казахстанской области – 1057мкг/л, и в Карагандинской области на МС Балхаш – 108,5 мкг/л, при 3,0 ПДК.

#### Анионы

В 4 квартале 2005 г. средние концентрации сульфатов в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации сульфатов в атмосферных осадках на территории Казахстана зафиксированы на МС Форт-Шевченко Мангистауской области – 96,85 мг/л. Минимальные концентрации сульфатов в атмосферных осадках наблюдались на МС Мынжилки Алматинской области – 1,40 мг/л.

Среднемесячные концентрации хлоридов в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации хлоридов зафиксированы на МС Форт-Шевченко – 156,86 мг/л. Минимальные концентрации хлоридов наблюдались на МС Мынжилки – 1,05 мг/л.

Среднемесячные концентрации нитратов в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации нитратов зафиксированы на МС Аул-4 Алматинской области – 4,01 мг/л. Минимальные концентрации нитратов наблюдались на МС Мынжилки – 0,50 мг/л.

Среднемесячные концентрации гидрокарбонатов в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации гидрокарбонатов в атмосферных осадках зафиксированы на МС Аяккум Актюбинской области – 81,61 мг/л. Минимальные концентрации гидрокарбонатов наблюдались на МС Есик Алматинской области – 1,48 мг/л.

#### Катионы

В 4 квартале 2005 г. средние концентрации аммония в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации аммония в атмосферных осадках на территории Казахстана зафиксированы на МС Актау – 1,93 мг/л. Минимальные концентрации аммония наблюдались на МС Большенарымское Восточно-Казахстанской области - 0,11 мг/л.

Среднемесячные концентрации натрия в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации натрия зафиксированы на МС Форт-Шевченко (91,73 мг/л). Минимальные концентрации натрия наблюдались на МС Мынжилки – 0,55 мг/л.

Среднемесячные концентрации калия в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации зафиксированы на МС Аяккум – 18,48 мг/л. Минимальные концентрации калия наблюдались на МС Мынжилки - 0,15 мг/л.

Среднемесячные концентрации магния в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации магния зафиксированы на МС Аяккум – 9,01 мг/л. Минимальные концентрации магния наблюдались на МС Большенарымское – 0,20 мг/л.

Среднемесячные концентрации кальция в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации кальция зафиксированы на МС Форт-Шевченко – 65,24 мг/л. Минимальные концентрации кальция наблюдались на МС Мынжилки - 0,90 мг/л.

#### Сумма ионов

В 4 квартале 2005 г. среднее значение суммы ионов в атмосферных осадках на территории Казахстана оставалось в пределах нормы. Максимальное значение суммы ионов в атмосферных осадках зафиксировано на МС Форт-Шевченко и составило – 493,56 мг/л.

#### Тяжелые металлы

В 4 квартале 2005 г. средние концентрации свинца в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации свинца

зафиксированы на МС Петропавловск Северо-Казахстанской области – 15,2 мкг/л и МС Костанай – 15,0 мкг/л.

Среднемесячные фоновые концентрации меди в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации меди выявлены на МС Усть-Каменогорск – 105,7 мкг/л и МС Балхаш – 108,5 мкг/л.

Среднемесячные средние концентрации мышьяка в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации мышьяка наблюдались на МС Балхаш – 59,3 мкг/л.

Среднемесячные фоновые концентрации кадмия в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. На МС Балхаш зафиксировано максимальное значение концентрации кадмия, которое составило – 5,0 мкг/л.

#### Удельная электропроводимость

Удельная электропроводность атмосферных осадков на территории Казахстана колебалась от 13 мкСм/см до 955 мкСм/см. Максимальные значения электропроводности наблюдались на МС Форт-Шевченко - 955 мкСм/см.

Среднемесячные величины *pH* осадков на территории Казахстана стабильны. Диапазон изменения величины *pH* составил 5,37...7,54.

Величина общей минерализации находилась в пределах от 7,52 (МС Мынжилки) до 493,56 мг/л (МС Форт-Шевченко).

В осадках преобладали сульфаты 21 %, гидрокарбонаты 23 %, хлориды 13 %, ионы кальция 11 % и ионы натрия 9 %. Наибольший уровень загрязнения атмосферных осадков наблюдался на МС Форт-Шевченко, где минерализация составила 493,56 мг/л. Наименее минерализованный уровень загрязнения отмечался на МС Мынжилки – 7,52 мг/л.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГН 2.1.6.695-98. РК 3.02.036.99. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М.: Минздрав России, 1998. – С. 2-69.
2. ГН 2.1.6.696-98. РК 3.02.037.99. Гигиенические нормативы. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М.: Минздрав России, 1998. – С. 70-201.
3. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Госком по гидрометеорологии. Минздрав. М.: 1991. С.383-425.



**К 60-ЛЕТИЮ  
СВЕТЛАНЫ ПАВЛОВНЫ ШИВАРЕВОЙ**



В мае 2006 г. исполнилось 60 лет со дня рождения директора научно-производственного гидрометеорологического центра РГП «Казгидромет» Шиваревой Светланы Павловны.

Шиварева Светлана Павловна родилась 28 мая 1946 г. в г. Алматы. В 1968 г., окончив географический факультет Казахского государственного университета им. С.М. Кирова по специальности инженер-гидролог, она поступила на работу в Бухтарминскую озерную гидрометеорологическую обсерваторию.

В 1971 г. Шиварева С.П. перешла на работу в Казахский научно-исследовательский гидрометеорологический институт, где под руководством выдающихся гидрологов Казахстана, таких как А.П. Браславский, В.В. Голубцов и других, началась её научная деятельность. Она прошла все ступени научного работника, от инженера до руководителя различных гидрологических структур института.

Стремление получить дальнейшие знания, стать достойной преемницей своих учителей было реализовано. Успешно окончив очное отделение аспирантуры при КазНИГМИ в 1981 г., Шиварева С.П. получила ученую степень кандидата технических наук, а гидрометеорологическая наука Казахстана пополнилась специалистом - гидрологом высшей квалификации.

Основной интерес её научной работы связан с крупными водоемами Казахстана. Она всесторонне исследовала проблемы Балхаша, изучила

широкий спектр гидрологических процессов Аральского и Каспийского морей. Результаты её исследований (более 80 работ) опубликованы в трудах различных научных организаций Казахстана, а также ближнего и дальнего зарубежья.

Девиз «познать» - её постоянный спутник. Она окончила курсы повышения квалификации в области АСУ и вычислительной техники при Казахском политехническом институте, Международные Высшие гидрологические курсы при Московском государственном университете, прошла стажировку в Датском гидравлическом институте.

Шиварева С.П. достойно представляет нашу Республику на международных симпозиумах, выступает с докладами по гидрологическим и экологическим проблемам. Под её руководством и при непосредственном участии выполнены международные научно-исследовательские проекты «Вероятностный прогноз уровня Аральского моря и его частей»; Казахстанско-Датский проект «Предупреждение затопления и система защиты Атырауской области от наводнений»; «Проект по созданию рабочей сети ученых и инженеров для устойчивого управления водными ресурсами Аральского бассейна». Она активный участник и международный эксперт Центра по колебаниям уровня воды Каспийской экологической программы.

Умение сочетать научную и производственную деятельность, организаторские способности Шиваревой С.П. были оценены руководством Гидрометслужбы Казахстана. В настоящее время она является руководителем научно-производственного Гидрометеорологического Центра РГП «Казгидромет». На её плечи легла большая ответственность за выпуск синоптических, гидрологических, морских, агрометеорологических, селевых и снеголавинных прогнозов; анализ данных стационарных гидрометеорологических наблюдений; обслуживание потребителей гидрометеорологической информацией.

Поздравляя Светлану Павловну Шивареву со знаменательным юбилеем, мы желаем ей отличного здоровья, неиссякаемой энергии, больших творческих и производственных успехов, счастья и благополучия.

Коллектив РГП «Казгидромет»

Коллектив РГП «КазНИИЭК»

Редколлегия журнала