

*Қазақстан Республикасының
қоршаған ортаны қорғау Ми-
нистрлігі*

*Министерство охраны
окружающей среды
Республики Казахстан*

«Қазгидромет» Республикалық
мемлекеттік кәсіпорны

Республиканское государственное
предприятие «Казгидромет»

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

әр тоқсанда шығарылатын
ғылыми-техникалық журнал

№ 1

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный
научно-технический журнал

АЛМАТЫ
2008

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Т.М. Зейнуллин, канд. эконом. наук

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

П.Ж. Кожаметов, канд. техн. наук; Н.И. Ивкина, канд. геогр. наук

Ответственный секретарь

О.С. Галаева

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Р.Г. Абдрахимов, канд. техн. наук; М.Ж. Бурлибаев, доктор техн. наук;
С.С. Байшоланов, канд. геогр. наук, В.В. Голубцов, канд. геогр. наук;
С.А. Долгих, канд. геогр. наук; Ж.Д. Достай, доктор геогр. наук;
Р.И. Гальперин, доктор геогр. наук; В.И. Ли, канд. техн. наук; Е.Ж. Муртазин,
канд. геолого-мин. наук; Е.Ф. Морозова, канд. геогр. наук; В.П. Попова, канд.
геогр. наук; В.Г. Сальников, доктор геогр. наук; О.Е. Семенов, канд. физ.-мат.
наук; Б.С. Степанов, доктор геогр. наук; А.А. Турсунов, доктор техн. наук;
Э.А. Турсунов, канд. геогр. наук, В.С. Чередниченко, доктор геогр. наук;
С.П. Шиварева, канд. техн. наук; Р.К. Яфязова, канд. геогр. наук;
О.С. Галаева (компьютерная сборка, техническая редакция).

Переводы на казахский язык:

А.У. Ортбаева (секретарь);

Г.Т. Сулейменова

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 1 (48)

©

Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство

№ 1538 от 14 марта 1995 г.

<i>Адрес редакции:</i>	050022, Алматы, пр. Абая, д. 32, к. 413
<i>Телефон:</i>	(7272) 55-84-06
<i>E-mail:</i>	caspian_almaty@mail.ru http://www.meteo.kz

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 ОО «Школа XXI века».

050011, г. Алматы, ул. Р. Зорге, 18. Тел.: (327) 234-05-74; 234-09-43

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Е.Н. Вилесов	
Региональные изменения климата в условиях глобального потепления.	7
А.Ф. Мухамедгалиев, А.Х. Ахмеджанов, А.Н. Искаков, Т.К. Караданов	
К вопросу обработки радиолокационных космических изображений.	20
В.И. Ли, В.П. Попова	
Оценка уязвимости водных ресурсов Казахстана при антропогенном изменении климата в первой половине 21 века. ...	27
В.В. Голубцов	
Изменение водных ресурсов и режима рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах.	47
В.И. Ли, В.П. Попова	
Оценка влияния изменения климата на годовой сток основных рек Казахстана в 20 и начале 21 веков.	63
В.В. Голубцов, Б.Б. Айтымова, А.А. Белгожаева	
Использование наблюдений за стоком малых рек для оценки водных ресурсов водохозяйственных бассейнов.	76
А.С. Перевалов	
Методика восстановления годового стока основных притоков реки Сырдарья в пределах Республики Казахстан.	79
В.Г. Сальников, Н.У. Бултеков	
Потенциал загрязнения атмосферы и возможности его параметризации.	85
А.А. Скакова	
О результатах численных расчетов распространения SO ₂ и NO ₂ от источников выбросов нефтегазовых месторождений (на примере КНГКМ).	92
А.Д. Тажекова	
Оценка экологического состояния воздушного бассейна Шымкентского промышленного центра за 1990...2005 гг..	100

М.Ж. Бурлибаев, Д.М. Бурлибаева	
Использование методов пространственного обобщения гидрометеорологической и экологической информации при определении устойчивости речных экосистем.	110
С.М. Романова	
Характеристика гидрохимического режима канала Ертис-Караганда. Сообщение 3. Микроэлементы, в том числе тяжелые металлы в воде.	130
М.Ж. Бурлибаев	
О количественных критериях устойчивого функционирования речных экосистем.	141
А.А. Айдосов, Г.И. Ажиева	
Исследование и анализ микрофлоры буровых растворов и реагентов для улучшения экологической обстановки.	150
Ж.М. Жаппарова, М.Б. Оралбаева	
Технологическая схема очистки фильтрационной воды полигона твердых бытовых отходов г. Астаны.	163
ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ	
П.К. Шынгисова, Т.Г. Царева	
О состоянии окружающей среды Республики Казахстан в первом квартале 2008 г.	168
КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ	
А.А. Турсунов	
Өтебойдақ Тлеуқабылұлы и экологические представления древних казахов в его книге «Шипагерлік баян».	177
ХРОНИКА	
160 лет со дня основания метеостанции Казалинск.	186
К 50-летию Л.Н. Игнатченко.	188
Памяти Т.П. Строевой (1952 – 2008).	190

CONTENTS

SCIENTIFIC ARTICLES

E.N. Vilesov	
Regional climate changes at the global warming conditions.	7
A.F. Mukhamedgaliyev, A.KH. Akhmedzhanov, A.N. Iskakov, T.K. Karadanov	
To a question of processing of the radar-tracking space images.	20
V.I. Lee, V.P. Popova	
Estimation of the water resources' vulnerability of the Kazakhstan under anthropogenic climate changes in the first half of the 21 st century.	27
V.V. Golubtsov	
Change of the water resources and rivers' regime in result deglaciation in its basins.	47
V.I. Lee, V.P. Popova	
Estimation of the climate changes influence to the annual runoff of the Kazakhstan's main rivers in the 20 th and in the beginning of the 21 st centuries.	63
V.V. Golubtsov, B.B. Aitymova, A.A. Belgozhayeva	
Use of the observations over small rivers runoff for water resources' estimation of the hydroeconomic basins.	76
A.S. Perevalov	
Technique of an annual runoff restore of the main Syr-Darya River feeders within of the Republic of Kazakhstan.	79
V.G. Sal'nikov, N.U. Bultekov	
Atmospheric pollution potential and opportunity of its parameterization.	85
A.A. Skakova	
About results of numerical calculations of distribution SO ₂ and NO ₂ from sources of emissions of oil-and-gas deposits (on example KNGKD).	92
A.D. Tazhekova	
Ecological condition estimation of the urban-industrial environment of the SHimkent's industrial centre for 1990...2005.	100

M.ZH. Burlibayev, D.M. Burlibayeva	
Use of the hydrometeorological and ecological information spatial generalization methods for the river ecosystems stability definition. . . .	110
S.M. Romanova	
Characteristic of the Ertis – Karaganda channel hydrochemical regime. Message 3. Microelements, inclusively heave metals in water.	130
M.ZH. Burlibayev	
About quantitative criteria of the river ecosystems’ stability functioning.	141
A.A. Aidosov, G.I. Azhiyeva	
Investigation and analysis of the drilling fluids’ and reagents’ micro flora for the ecological situation improvement.	150
Zh.M. Zhapparova, M.B. Oralbaeva	
Technological scheme peelings filtration water of the municipal solid waste landfill Astana city.	163
REVIEWS AND CONSULTATIONS	
P.K. SHingisova, T.G. TSareva	
About environment of the Republic of Kazakhstan in the first quarter 2008.	168
CRITICISM AND BIBLIOGRAPHY	
A.A. Tursunov	
Oteboydak Tleukabyluly and ecological representations of the ancient Kazakhs in his book «Шипагерлік баян».	177
CHRONICLE	
160 years from the Kazalinsk Meteorological Station opening date. . . .	186
To L.N. Ignatchenko’s 50-anniversary.	188
T.P. Stroyeva’s memories (1952 – 2008).	190

УДК 551.524.34

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В УСЛОВИЯХ
ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ**

Доктор геогр. наук Е.Н. Вилесов

Обсуждаются связанные с глобальным потеплением изменения основных климатических величин – температуры воздуха и атмосферных осадков за период инструментальных наблюдений в планетарном масштабе и на уровне регионов (Россия, Казахстан). Рассматриваются изменения ряда компонентов природной среды, обусловленные потеплением климата.

Проблема современных изменений климата и природной среды в целом является ныне беспрецедентно актуальной из-за естественных причин, а также усиливающегося воздействия антропогенных факторов, в частности, продолжающегося роста концентрации углекислого и других парниковых газов в атмосфере Земли. Наиболее яркой особенностью изменения климата минувшего столетия является его прогрессирующее глобальное потепление. По существующим оценкам [7, 12], средняя глобальная температура воздуха (СГТВ) за последние сто лет увеличилась на $0,6 \pm 0,2$ °С. Анализ её рядов по многим метеостанциям позволил выявить временную неоднородность этого потепления: в период 1910...1946 гг. имело место незначительное потепление, в 1947...1975 гг. – слабое похолодание, начиная с 1976 г. наступила фаза наиболее интенсивного потепления, продолжающаяся и в настоящее время (рис. 1, по [21]). Скорость повышения СГТВ после 1976 г. была почти в 3 раза выше, чем за последнее столетие в целом [19].

Авторами работы [1] выявлена факторная обусловленность отмеченных колебаний СГТВ. Так, потепления 20 столетия развивались на фоне увеличения частоты и интенсивности теплой фазы Южного колебания – Эль-Ниньо (ЭНЮК), а при похолодании 1947...1975 гг. в поведении ЭНЮК преобладала тенденция к увеличению повторяемости его холодной фазы – Ла-Нинья. Резкие аномалии глобальной температуры в отдельные годы метеорологи связывают с воздействием различных факторов. Обычно после крупных извержений вулканов на огромных площадях наблюдались аномальные оптические явления в атмосфере, приводящие к планетарным изменениям радиационного и термического режима в результате

распространения атмосферного аэрозоля. Так, понижение глобальной температуры в 1993 г. связывают именно с охлаждающим эффектом аэрозолей, попавших в атмосферу при самом сильном в 20 веке извержении вулкана Пинатубо (июнь 1991 г., о. Лусон, Филиппины), а также ряда вулканов в Андах: 1992 г. – Руис, Колумбия, 1993 г. – Гуаллатиери, Чили, и Эль-Галерас, Колумбия. Возможно, свою лепту в загрязнение атмосферы, в частности, в нашем центральноазиатском регионе, внесли продукты горения кувейтских нефтепромыслов во время военных действий Ирака против Кувейта в начале 90-х гг. Кстати, на юге Казахстана (М Кызылорда) температура воздуха в 1993 г. была на 0,8 °С ниже своей многолетней нормы. Соответственно, повышение температуры приземного слоя происходит после очищения от вулканических и др. аэрозолей и увеличения прозрачности атмосферы. Кроме того, в [1] для объяснения многолетней динамики СГТВ использовались также данные геофизического мониторинга – средние годовые значения чисел Вольфа, концентрации CO₂, геомагнитной активности, ледовитости Арктики, прозрачности атмосферы.

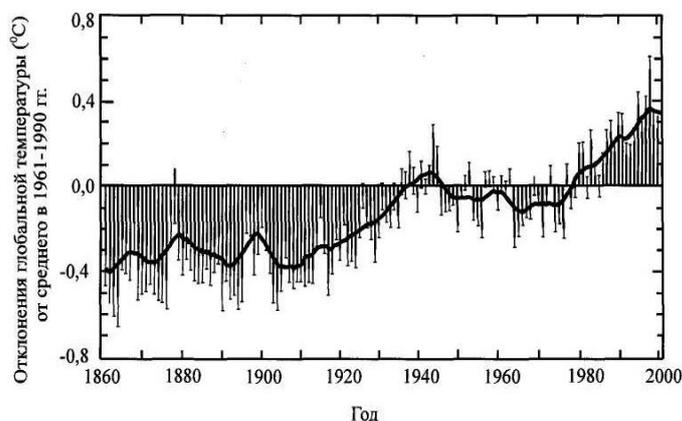


Рис. 1. Рост глобальной температуры приземного слоя воздуха с учётом территории суши и морской поверхности [21].

Установлено, что темпы потепления за 1856...2001 гг. составили для северного полушария 0,39 °С/100 лет, южного – 0,43 °С/100 лет и для Земли в целом – 0,41°С/100 лет. Вековой ход средних годовых температур воздуха в южном полушарии отличается большей устойчивостью и большей продолжительностью фаз потеплений, чем похолоданий. Однако со второй половины 20 в. скорость потепления в южном полушарии заметно уменьшилась и оказалась почти в два раза меньше, чем в северном, в котором находится большая часть поверхности суши и больше разнообразных производств.

Особенностью потепления последних десятилетий, зафиксированного мировой сетью инструментальных метеорологических наблюдений, судя по данным Межправительственной комиссии экспертов по изменениям климата (МГЭИК), в которую входит около 2000 климатологов, является то, что оно охватывает также и тропическую зону планеты. При этом в умеренных и высоких широтах северного полушария оно выражено в основном в холодное время года, тогда как в 1910...1946 гг. потепление происходило и зимой, и летом.

Начиная с 1856 г. и по настоящее время средняя по северному полушарию температура приземного воздуха t , по расчетам [18], повышается согласно уравнению линейного тренда: $t = 0,0046 \tau + 14,155$. Как указывалось выше, за столетие 1890...1990 СГТВ на Земле выросла на 0,6 °С. На те же 0,6 °С она поднялась за десятилетие 1991...2000. А к 2007 г., относительно 1990 г., на планете стало еще теплее почти на 2 °С.

Самые низкие температуры в северном полушарии были зарегистрированы почти 200 лет назад – в 1812 г. Наиболее низкая температура за исследуемый 150-летний период, равная 14,0 °С, отмечена в 1862 г. В первую половину 20 столетия, при потеплении, зафиксированный первый максимум температуры в 1943 г. составил 14,81 °С.

Межгодовые колебания при повышении температуры в конце 20 в. не превышали 0,5 °С. В последние десятилетия постоянно увеличивается доля площади, занятая положительной аномалией средней годовой температуры в северном полушарии. Эта доля в 2005 г., по оценке [18], составила около 88 % площади всего полушария, т.е. практически вся его территория была охвачена положительной аномалией.

По данным климатического мониторинга, процесс потепления в глобальном масштабе во второй половине 20 в. заметно ускорился. С 1950 по 1993 г. ночная минимальная температура воздуха над сушей повышалась примерно на 0,2 °С/10 лет, почти вдвое превысив повышение максимальной дневной температуры, что привело к удлинению безморозного периода в средних и высоких широтах.

В большинстве районов этих широт северного полушария количество атмосферных осадков в 20 в. увеличивалось на 0,5...1 %/10 лет, при этом во второй половине столетия возросла повторяемость сильных осадков. Произошло уменьшение площади снежного покрова примерно на 10 %.

Во второй половине 20 столетия температуры воздуха в северном полушарии были выше, чем в любой другой 50-летний период за послед-

ние 500, а то и 1500 лет. Десятилетие же 1997...2006 гг. является наиболее теплой декадой за все время регистрации температуры на Земле. Пять самых теплых лет из указанных десяти по мере увеличения температуры расположились в таком порядке: 2003, 2002, 1998, 2005 и 2006. Для территории нашей страны, во всяком случае, для её южной части, по данным наблюдений на ОГМС Алма-Ата, аналогичный ряд выглядит следующим образом: 2002, 1997, 2005, 2004 и 2006. Между прочим, в 2006 г. отмечена наиболее обширная озоновая дыра в Антарктиде за весь период наблюдений. 2006 год был самым теплым в истории в ряде стран мира – в Китае, Великобритании, Испании, Нидерландах, Австралии; в США и Канаде более теплым был только 1998 г. [22]. По прогнозам экспертов Всемирной метеорологической организации (ВМО), ожидается, что 2007 г. побьет все предыдущие температурные рекорды (в масштабах планеты).

Во временном ходе ряда климатических величин для обоих полушарий достаточно резко выделяются показатели 1998 г., который оказался самым теплым за 144 года (1860...2003 гг.) метеоизмерений. Многие климатологи считают, что существенный вклад в возникновение температурного экстремума в этом году внесло необычно сильное явление Эль-Ниньо, существовавшее в течение первой половины года и сопровождавшееся беспрецедентным повышением температуры воды в западной и центральной частях Индийского океана.

По сравнению со средним значением приземной температуры воздуха за период 1961...1990 гг., рекомендованный ВМО в качестве базового для расчета климатической нормы, СГТВ за 1998 г. была на 0,54 °C выше. Однако возникает резонный вопрос – а так ли уж велико воздействие Эль-Ниньо на возникновение климатических аномалий в столь отдаленных от области его проявления регионах, как, скажем, Европа? Ведь, к примеру, в 2005, 2006 и 2007 гг. Эль-Ниньо отсутствовало, тем не менее, величина СГТВ неуклонно повышалась.

Одним из индикаторов потепления климата является уменьшение толщины паковых льдов Арктики с 3,12 м в 1960-е гг. до 1,8 м в 1990-е гг., а площадь распространения сезонных морских льдов постоянно сокращалась на 2,8 %/10 лет. Полученная со спутников информация говорит о том, что за последнюю четверть 20 в. площадь морского льда в Арктике сократилась на 8...10 %, а 2004 г. оказался третьим годом подряд, когда потери морского льда достигали экстремальных величин. Атмосфера Арктики особенно потеплела в двух регионах – на северо-западе Канады и Аляски

и севере Восточной Сибири. Если в 30-е гг. 20 в. потепление наблюдалось лишь в высоких широтах из-за активного поступления воздуха из умеренных широт, то современное потепление Арктики отражает тренд потепления в масштабах полушария. Во второй половине 21 в. Арктика вообще может остаться без ледового покрова круглый год. Аналогичные изменения наблюдаются и на шельфовых ледниках Антарктиды [6]. По сообщению пресс-службы NASA, в 2006/07 г. спутник QuikScat впервые в истории исследования Антарктиды зарегистрировал летнее таяние снега на огромной территории внутренних районов континента [17].

На рубеже столетий глобальное потепление способствовало развитию экстремального полярного туризма. Особенно популярными (и весьма выгодными для туристских фирм) стали экскурсионные маршруты на север Гренландии, Свальбард (Шпицберген) и, конечно, на «ледяную макушку» планеты – Северный полюс (СП). Стоимость экскурсии на СП на российских атомных ледоколах – 10000 \$.

Глобальное потепление повсеместно, в том числе и в горах юго-восточного Казахстана, способствует интенсивному отступанию, абляции и отрицательному балансу ледников Земли [2, 23]. Особенно интенсивно тают ледники Альп, Каскадных гор, экваториальных Анд, Африки. Как показывают наши расчеты [4], совсем скоро, к 2020 г., окончательно исчезнут снега и льды самой высокой африканской вершины – Килиманджаро (5895 м). Наши дети и внуки будут воспринимать «Снега Килиманджаро» Э. Хемингуэя так же, как сегодня мы воспринимаем Гомеровские «Илиаду» и «Одиссея». По оценкам, только за счет таяния и уменьшения ледниковых запасов планеты уровень Мирового океана в современный период повышается со скоростью порядка 1 мм/год.

Следует заметить, что для состояния окружающей среды и человека большее значение имеют не плавные изменения температуры на Земле, а формирование климатических и погодных контрастов на региональном уровне, приводящих к возникновению экстремальных ситуаций – сильных морозов и засух, штормов, снегопадов, ливней и т.п.

Глобальное потепление климата проявляется в широком круге природных процессов, в частности, в сроках образования и разрушения ледового покрова на реках и озерах – важных индикаторах климата переходных сезонов года. На большинстве рек отмечается статистически значимое смягчение ледового режима, т.е. сроки появления льда становятся более поздними, а сроки вскрытия – более ранними. Линейный тренд сро-

ков появления льда составляет 10...20 сут /100 лет. К середине 21 в. южная граница многолетней мерзлоты в России и Канаде может отодвинуться на 500...600 км к северу.

С потеплением связана миграция ряда животных и насекомых в более северные районы. Так, один из самых ядовитых пауков – каракурт, прозванный в народе «черной вдовой» и обитавший до недавнего времени лишь в пустынях и полупустынях, ныне встречается в степях и лесостепях Костанайской области.

За последние десятилетия произошли заметные изменения агроклиматических условий, в частности, повышение сумм осадков, повсеместное увеличение повторяемости теплых и мягких зим. Согласно Э.Я. Раньковой [19], в России в 20 в. во все сезоны наблюдался рост температуры, по своей величине превосходящий оценки для северного полушария и земного шара в целом. За последние полвека тренд снизился для теплого периода, но заметно усилился для холодного.

Для территории России интенсивность потепления за столетие (1901...2000 гг.) составила в среднем 0,9 °C/100 лет. Наиболее интенсивный тренд имеет место в Прибайкалье и Забайкалье – 3,5...4,0 °C/100 лет. Для России в целом потепление более заметно зимой и весной, тренд составляет, соответственно, 4,7 °C/100 лет и 2,9 °C/100 лет.

Детальный обзор климатических изменений на территории равнинного Казахстана за прошедшее столетие, по данным 11 «длиннорядных» метеостанций, представлен в работе С.А. Долгих с соавторами [10]. За 110 лет (1894...2003 гг.) линейный тренд годовой температуры на всех 11 метеостанциях (М) был положительным и варьировался в диапазоне от 0,08 °C/10 лет на М Туркестан до 0,21 °C/10 лет на М Атырау и ОГМС Алма-Ата. Уравнение температурного тренда для Алма-Аты: $t = 1,764 \tau + 511,6$. Что касается осадков, то их изменение по территории носит более сложный характер, их годовые тренды неоднозначны, составляя положительные значения на М Петропавловск, Кокпекты, Зайсан, Кызылорда, Туркестан и ОГМС Алма-Ата и отрицательные – на М Акмола, Атбасар, Атырау, Семипалатинск и Казалинск. В качестве примера на рис. 2 и 3 приведены графики межгодового хода температуры воздуха и осадков на М Кызылорда за 105-летний период (1901...2005 гг.) (из [5]).

Для высокогорий юго-востока Казахстана, судя по наблюдениям на М Мынжилки (3017 м) и гляциологическом стационаре Туюксу (3450 м) на северном склоне Заилийского Алатау [3], в изменении основных величин кли-

мата характерны те же тенденции, что и для равнинного Казахстана. Средняя годовая температура на М Мынжилки в 2006 г., равная минус 0,5 °С, оказалась в 3,6 раза выше её 70-летней нормы. При этом скорость повышения зимних температур (0,4 °С/10 лет) была вдвое выше, чем летних (0,2°С/10 лет), т.е. повышение средних годовых температур в последние десятилетия происходило в основном за счет потепления зимних сезонов.

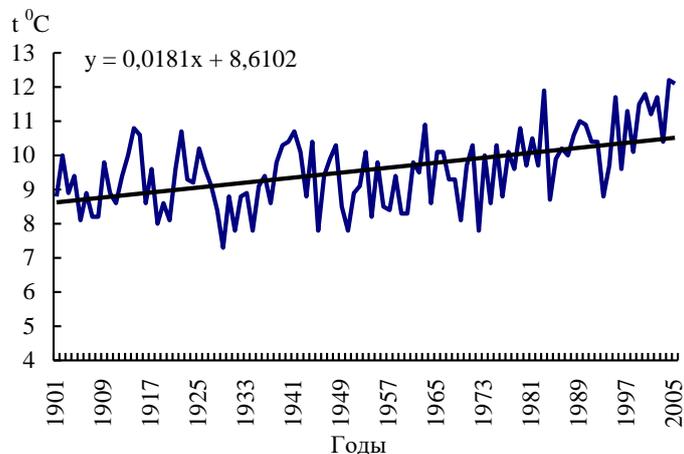


Рис. 2. *Ход средней годовой температуры воздуха на М Кызылорда за период 1901...2005 гг. [5].*

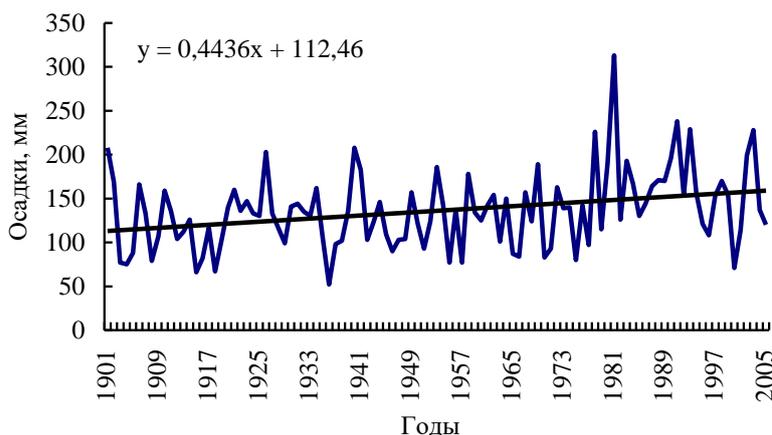


Рис. 3. *Межгодовой ход атмосферных осадков на М Кызылорда за период 1901...2005 гг. [5].*

Согласно теоретическим представлениям, потепление климата должно сопровождаться увеличением влажности воздуха и количества атмосферных осадков. За последние 50 лет для европейской части России

отмечается тенденция к увеличению сумм осадков, тогда как для её восточных районов характерна тенденция к уменьшению годовых и сезонных осадков. Модели климата предсказывают рост глобально осредненной суммы осадков на 10...30 % при удвоении концентрации CO₂.

Каковы же причины современного глобального потепления и что следует ожидать в будущем? Однозначного ответа на эти вопросы ныне не существует. В настоящее время широко обсуждаются в основном две версии объяснения происходящего потепления – антропогенная (рост температуры за счет быстрого повышения концентрации парниковых газов – парниковый эффект) и естественная.

Первой концепции придерживается МГЭИК, подготовившей специальный доклад по этой проблеме [11]. Ратификацией Киотского протокола об ограничении выбросов парниковых газов в атмосферу (заметим в скобках, что по объемам этих выбросов лидируют США и Китай, на долю которых приходится более 1/3 мирового объема газовых эмиссий) Россия в 1997 г., по существу, признала эту версию официально. Конвенция ООН по климату ратифицирована Казахстаном в 1995 г. В 1999 г., в соответствии с указом Президента, постоянный представитель РК в ООН А. Арстанбекова подписала Киотский протокол. Тогда же МИД РК в ноте генеральному секретарю ООН выразил желание принять количественные обязательства по выбросам парниковых газов, которые имеют индустриально развитые страны, вошедшие в Приложение 1 Конвенции. В число этих стран из СССР, кроме России, вошли Украина и Беларусь. Участие Казахстана в Киотском протоколе будет способствовать и повышению конкурентоспособности нашей экономики.

По другой (конкурирующей) версии, глобальное потепление, намечившееся еще со времени завершения малой ледниковой эпохи (в середине 19 в.), объясняется в основном действием факторов естественного происхождения. Сторонники этой позиции [9] указывают, что период наиболее интенсивного роста глобальной температуры последней четверти 20 в. приходится на восходящую ветвь 60-летнего колебания, выявленного в индексах, характеризующих термическое и циркуляционное состояние атмосферы. При этом высказывается предположение, что современные колебания климата являются следствием нелинейных реакций климатической системы (КС) на квазипериодические внешние воздействия – биения полюсов Земли, циклы лунно-солнечных приливов и солнечной активности, периоды обращения наиболее крупных планет Солнечной си-

стемы вокруг общего центра и т.п. Такая неопределенность объясняется исключительной сложностью КС с её многочисленными обратными связями между компонентами и многомасштабной нелинейной динамикой, дефицитом информации о её состоянии [14].

Однако, как это часто бывает при анализе явлений и процессов в природе, да и в обществе тоже, истина лежит где-то в «золотой середине». В нашем случае причинами глобальных и региональных климатических изменений являются как естественные колебания в развитии природных процессов под влиянием планетарной эволюции Земли, мощного воздействия гелиокосмических факторов, так и нарастающей активности антропогенной деятельности.

И все же главенствующая роль в глобальном потеплении должна быть отдана именно естественным колебаниям климата, обусловленным изменениями солнечной активности. Рост глобальной температуры в последние десятилетия связан с тем, что во второй половине 20 в. солнечная активность была необычайно высокой – максимальной за всю историю 400-летних телескопических наблюдений Солнца.

Отсюда с очевидностью вытекает ясное понимание того, что меры по уменьшению парникового эффекта и ослаблению глобального потепления, предлагаемые Киотским протоколом на ближайший период (до 2012 г.), совершенно ничтожны по своим масштабам: их можно сравнить с попыткой вычерпать воду ведрами при наводнении [8]. Неопределенности в современных оценках глобального баланса углерода так велики, что для принятия серьезных мер по ограничению эмиссий CO₂ нет оснований. Неизвестно, какой уровень концентрации парниковых газов в атмосфере действительно опасен для человека, каково соотношение стоимости осуществления возможных стратегий и соответствующих выигрышей и потерь. Важно, чтобы соглашения типа Киотского протокола не создавали иллюзий достигнутого решения проблемы, которая в действительности еще нуждается в глубоком научном анализе и, видимо, потребует новых подходов и нетривиальных идей. Ратификация же Киотского протокола Россией и др. странами основана прежде всего на политических мотивах.

В последнее время большое внимание стало уделяться природным и социально-экономическим последствиям глобальных и региональных изменений климата. Четко прослеживается антропогенное воздействие на земную поверхность, океаны, побережья и атмосферный воздух, а также на биоразнообразие, круговорот воды и биогеохимические циклы, которые

выходят за пределы природной изменчивости. По мнению В.И. Осипова [16], изменение температуры воздуха вызывает развитие ряда процессов в геосферных оболочках Земли, способных оказать как позитивное, так и негативное воздействие на природную среду. С последним связаны 6 % смертей на планете (по данным Всемирной организации здравоохранения), резкое снижение безопасности жизнедеятельности общества и рост ущербов от стихийных бедствий. Так, в 1995...1999 гг. ежегодных крупных стихийных бедствий по отношению к 1965...1969 гг. стало в три раза больше. Только в Азиатско-Тихоокеанском регионе за последние 30 лет погибло почти 1,4 млн. человек, пострадало же около 4 млрд. человек, а сумма ущерба превысила 1000 млрд. \$. Огромный ущерб понесли США, Мексика, Куба и др. страны от тропических ураганов, разыгравшихся осенью 2005 г. Вообще, 2005 г. стал рекордным по количеству тропических циклонов и ураганов в Атлантике, где их было зарегистрировано 47, в т.ч. 4 урагана 5-ой категории со скоростью ветра более 67 м/с [24].

Интенсивное потепление последних десятилетий в умеренных и высоких широтах привело к таким положительным последствиям, как сокращение отопительного сезона и увеличение продолжительности вегетационного периода. Вместе с тем в условиях потепления отмечается увеличение количества экстремально жарких дней, дней с интенсивными осадками и с сильными ветрами при уменьшении экстремально холодных дней. Именно климатические экстремумы создают предпосылки для возникновения чрезвычайных ситуаций [13, 15].

Среди климатических экстремумов особое место занимают 1997...1998 гг. – период кульминации теплой фазы явления ЭНЮК. Оно было самым сильным за все время наблюдений, эффект от которого приобрел глобальный характер, меняя погодные условия в разных регионах земного шара, поражая одни страшной засухой (Индонезия, Австралия), другие из-за серии тропических циклонов – ливнями и наводнениями (Колумбия, Эквадор, Перу) [20].

В последнее время большое внимание уделяется моделированию будущих изменений климата с помощью глобальных объединенных моделей общей циркуляции атмосферы и океана. Согласно результатам расчетов по разным глобальным климатическим моделям (а их, между прочим, – около 40!), при удвоении концентрации CO₂ СГТВ к концу 21 в. может повыситься на 1,5...6,0 и даже на 8 °С [12, 18], а уровень Мирового океана – на 0,9 м. Анализ экспертами ВМО этих результатов привел к выводу о том, что повышение

СГТВ вблизи земной поверхности в период 1990...2100 гг. может оказаться в 2...10 раз больше средней величины потепления, наблюдавшегося в 20 столетии, причем прогнозируемые темпы потепления могут оказаться и самыми высокими за последние 10000 лет, т.е. за весь голоцен. Однако все эти сценарии, по сути, непредсказуемы, и многие детали предстоящих изменений климата никому неизвестны. Ведь сколько было прогнозов о том, что к концу 20 – началу 21 в. наступит новое похолодание, и ни один из них не оправдался! Да и сами климатологи предупреждают о том, что их модели не могут быть точными. Для более или менее точного прогноза надо иметь наблюдения, по крайней мере, за 1400 лет и по всему земному шару. Успешное прогнозирование будущего климата Земли возможно только при всестороннем учете воздействия Солнца на нашу планету.

Доклад Программы ООН о человеческом развитии в 2007 г. был посвящен последствиям изменения климата для человечества. Глобальное потепление окажет негативное влияние, прежде всего, на бедные страны и группы населения. Наводнения, ураганы, засухи и др. погодные катаклизмы ведут к массовым перемещениям людей и сокращению производства продуктов питания. Эксперты прогнозируют, что более 300 млн. человек, живущих в прибрежных районах, могут стать экологическими беженцами. Поэтому необходимо принимать действенные меры не только и даже не столько по сокращению выбросов парниковых газов, сколько к всевозможной адаптации стран и народов к предстоящим климатическим изменениям, которые, вне всякого сомнения, ожидают нас в ближайшем и отдаленном будущем.

Автор благодарен преподавателю кафедры гидрологии суши КазНУ имени аль-Фараби С.Р. Жанпеисовой за конструктивную помощь при подготовке рукописи статьи к печати.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верещагин М.А., Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Тудрий В.Д. Факторный анализ многолетней динамики глобального термического режима приземного слоя воздуха // Известия РАН. Серия геогр. 2004, № 5. С. 34-41.
2. Вилесов Е.Н. Баланс массы горных ледников Земли // Вестник КазНУ. Серия геогр. 2006, № 1 (22). С. 4-10.
3. Вилесов Е.Н. Изменение климата высокогорья Илейского Алатау в условиях глобального потепления // Гидрометеорология и экология. 2007, № 1. С.29-38.

4. Вилесов Е.Н. Скоро ли исчезнут льды и снега Килиманджаро? / Экологическое образование в Казахстане. 2007, № 1(13), с. 19-22.
5. Вилесов Е.Н., Шакен А. Тенденции изменения основных характеристик климата г. Кызылорды за 105-летний период // Вестник КазНУ. Серия геогр. 2006, № 2 (23). С. 90-98.
6. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Экодинамика и геополитика. Т.2. Экологические катастрофы. СПб., 2001.
7. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Колебания и изменения климата на территории России // Известия РАН, ФАО. 2003, т. 39, № 2. С.166-185.
8. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые изменения современного климата // Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий: проблема Киотского протокола: Материалы Совета-семинара при Президенте Российской академии наук: Сборник. М., Наука, 2006. С. 60-74.
9. Даценко Н.М., Монин А.С., Сонечкин Д.М. О колебаниях глобального климата за последние 150 лет // ДАН. 2004. Т. 399, № 2. С. 253-256.
10. Долгих С.А., Илякова Р.М., Сабитаева А.У. Об изменении климата Казахстана в прошедший столетний период // Гидрометеорология и экология. 2005, № 4. С. 6-23.
11. Изменения климата, 2001 г. // Обобщенный доклад ВМО-ЮНЕП. М., 2001.
12. Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий // Метеорология и гидрология. 2001, № 5. С.5-21.
13. Кренке А.Н., Чернавская М.М. Районирование территории России по сочетанию климатических экстремумов – условий возникновения чрезвычайных ситуаций // Известия РАН. Серия геогр.2003, № 2. С. 17-25.
14. Монин А.С., Берестов А.А. Новое о климате // Вестник РАН. 2005. Т. 75, № 2. С. 126-138.
15. Мохов И.И., Карпенко А.А., Стотт П.А. Наибольшие скорости регионального потепления климата в последние десятилетия с оценкой роли естественных причин // ДАН. 2006. Т. 406, № 4. С.538-543.
16. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник РАН. 2001. Т. 71, № 4. С. 291-302.
17. Павельцев П., Собоев И. Антарктический набат // Новости космонавтики. 2007. 17, № 7. С. 32-35.

18. Переведенцев Ю.П., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Современные глобальные и региональные изменения климата // Геогр. вестник. 2006, № 2 (4), Пермь. С. 84-96.
19. Ранькова Э.Я. Климатическая изменчивость и изменения климата за период инструментальных наблюдений // Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. М., 2005.
20. Семенов Е.К., Соколихина Е.В., Соколихина Н.Н. Синоптические аспекты формирования экваториальной зоны западных ветров над Тихим океаном в период экстремального Эль-Ниньо 1997-1998 гг. // Метеорология и гидрология. 2005, № 3. С. 17-30.
21. Современные глобальные изменения природной среды. Т. 1. М., Научный мир, 2006, 696 с.
22. Arguez A., Waple A.M., Sanchez-Lugo A.M. State of the climate in 2006: Executive summary // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 2007. 88, № 6. P. 929-932.
23. Dyurgerov M.B., Meier M.F. Glaciers and the Changing Earth System: A 2004 Snapshot. Boulder, INSTAAR/OP-58, 2005, 117 p.
24. Trenberth K.E., Shea D.J. Atlantic hurricanes and natural variability in 2005 // Geophys. Res. Lett. 2006. 33, № 12, p. L12704/1-L12704/4.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

ҒАЛАМДЫҚ ЖЫЛУЛАНУ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ КЛИМАТТЫҢ АЙМАҚТЫҚ ӨЗГЕРІСІ

Геогр. ғылымд. докторы Е.Н. Вилесов

Планетарлы масштабта және аймақтар деңгейінде (Ресей, Қазақстан) жүргізілген құрал-жабдықты бақылаулар кезеңінде алынған ғаламдық жылуланумен байланысты болатын негізгі климаттық шамалардың – ауа және атмосфералық жауын-шашынның температуралары – талқыланады. Климаттық жылуланумен негізделген қоршаған ортаның компоненттері мен объектілер топтарының өзгерістері қарастырылады.

УДК 551.501: 629.195.1

**К ВОПРОСУ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ
КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Доктор техн. наук	А.Ф. Мухамедгалиев
Доктор техн. наук	А.Х. Ахмеджанов
	А.Н. Искаков
	Т.К. Караданов

Радиолокационные изображения (РЛИ) земной поверхности имеют высокую зашумленность, из-за которой снижается их применимость. Рекомендуется проведение процедуры фильтрации РЛИ с устранением помех и выявлением структурных особенностей. Применение описанной методики показано на примере обнаружения нефтяных пленок на морской поверхности, и оценки состояния ледовой обстановки северо-восточной части Каспийского моря.

Радиолокационные устройства позволяют получать информацию об исследуемой поверхности независимо от ее освещенности (т.е. в любое время суток) и наличия облачного покрова. Указанное свойство радиолокационных данных представляет особую ценность при решении задач, связанных с необходимостью получения информации о состоянии земной поверхности заданной территории в сжатые сроки [1, 2]. Регулярные радиолокационные съемки территорий, осуществляемые с помощью спутниковой системой «RADARSAT-1», могут быть полезны для создания системы космического экологического мониторинга. Поэтому необходимо создание эффективных методов обработки радиолокационных изображений.

Характеристики радиолокационного отражения морской поверхности зависят от ее структуры. Здесь кроме аппаратурных факторов и угла падения необходимо учитывать состояние волнения, его направление относительно радиолокационной станции (РЛС). Основным фактором, определяющим состояние морской поверхности, является, как известно, скорость ветра. По мере увеличения скорости ветра несколько уменьшается величина зеркального отражения при нормальном падении излучения, в то время как рассеяние при малых углах наблюдения становится гораздо больше. При статистической обработке данных зондирования водной поверхности возможно усреднение данных в пределах больших участков.

Установлено, что действие местных ветров приводит к появлению на морской поверхности вторичной структуры, которая представляет собой небольшие волны и рябь. Отраженный сигнал от морской (водной) поверхности формируется мелкой структурой – рябью (длины волн, соизмеримые с длиной волны РЛС), расположенной на склонах крупных морских волн. Основной вклад в отражение вносит спектральная составляющая ряби, длина волны которой зависит от длины падающей электромагнитной волны. Крупные ветровые волны с длиной волны в десятки метров обнаруживаются (при достаточном разрешении РЛС) благодаря модуляции амплитуды ряби крупной структурой, а также наличию брызг и капель. Приборные или другие помехи могут исказить сам сигнал, поступающий с зондируемой поверхности. Для анализа высокочастотного отраженного радиосигнала требуется проведение сглаживания функции распределения. В теории радиотехники для ослабления высокочастотных колебаний применяют в одномерном случае способ сглаживания фильтрами.

Для уменьшения или устранения помех применяют методы фильтрации. Свертка, методы морфологической обработки и медианная фильтрация являются примерами фильтрации с использованием значений соседних пикселей. Свертка – операция над локальной окрестностью, где каждый результирующий пиксель представляет собой взвешенную сумму исходных пикселей. Вес определяется ядром свертки. С помощью операции свертки можно реализовать такие методы обработки изображений как сглаживание, повышение резкости и усиление границ объектов изображения. Ядро свертки – матрица весов, которая используется при выполнении свертки. Скользящие окна (маски), применяемые для обработки изображений, представляют собой таблицы действительных чисел (весовых коэффициентов). Их действие на локальную область изображения с центром в элементе f_{ij} состоит в усреднении с весами, т.е. с коэффициентами маски значений с сигналами элементов изображения в выбранном окне.

Значение сигнала элемента $g_{i,j}$ изображения – результата (отклика) для маски 3×3 определяется из соотношения

$$g_{i,j} = \sum_{n,m=-1}^1 p_{n,m} f_{i+n,j+m}, \quad (1)$$

где $p_{n,m}$ – ядро свертки.

Индексы i, j в (1) пробегают почти все значения, соответствующие

размеру исходного изображения, за исключением граничных полос (в данном случае – за исключением первой и последней строки, а также первого и последнего столбца матрицы исходного изображения). Таким образом, результат требует доопределения границ, но, учитывая, что размеры изображений обычно много больше размеров масок, неопределенными граничными элементами результата можно просто пренебречь и ограничиться изображением меньшего размера. Наиболее распространены в практике маски размера 3×3 (Лапласа, Превитта, Собела, Кирша, Робертса и т.д.) ввиду их высокой вычислительной эффективности. Выражение (1) представляет собой определение дискретной свертки $g_{i,j}$ функции $f_{i,j}$ с ядром $p_{i,j}$.

Если представить непрерывную функцию $f(x, y)$ в виде разложения в ряд Тейлора в окрестности точки (x_0, y_0) , то будем иметь

$$f(x, y) = \sum_{n,m=0}^{N,M} \frac{1}{n!m!} \frac{\partial^{m+n} f(x_0, y_0)}{\partial x^m \partial y^n} (x - x_0)^m (y - y_0)^n. \quad (2)$$

Если функция $f(x, y)$ в некоторой окрестности точки (x_0, y_0) дифференцируема любое количество раз, а остаточный член разложения в формуле Тейлора стремится к нулю, то степенной ряд имеет отличный от нуля радиус сходимости. Функция $f(x, y)$ будет аналитична в точке (x_0, y_0) . Условие аналитичности функции $f(x, y)$ означает, что эта функция должна являться решением уравнения Лапласа в точке (x_0, y_0) , а в окрестности будет отличаться на сколь угодно малую величину ε . Из последнего условия можно получить для окрестности точки (x_0, y_0) в области сходимости ряда

$$\Delta f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = 0, \quad (3)$$

где Δ – оператор Лапласа.

Представим частные производные в конечных разностях

$$\Delta f(x, y) = \frac{f_{i+1,j} + f_{i-1,j} + f_{i,j+1} + f_{i,j-1} - 4f_{i,j}}{d^2}, \quad (4)$$

если ввести новую функцию $\varphi(x, y) = \Delta f(x, y)$, то в области сходимости разложения функции можем записать

$$\varphi_{m,n}^0 = \sum_{i,j=-1}^1 p_{i,j} f_{m+i,n+j}. \quad (5)$$

В результате проведения операции свертки радиолокационного

изображения будет создано изображение, близкое к начальному, но при этом оно будет сглаженным. Последовательное применение дифференциального оператора Лапласа для фильтрации РЛ изображений с целью сглаживания высокочастотных помех можно описать следующей итерационной процедурой

$$\varphi_{m,n}^k = \sum_{i,j=-1}^1 p_{i,j} \varphi_{m+i,n+j}^{k-1} \quad \text{при } k = 1, 2, \dots, K. \quad (6)$$

Итерационная процедура может происходить до достижения нужной степени сглаженности или по следующему соотношению:

$$|\varphi_{i,j}^{k+1} - \varphi_{i,j}^k| \leq \varepsilon. \quad (7)$$

Проверка качества восстановленного изображения необходима, так как при достаточно большом числе итераций может происходить размывание изображения.

При достижении достаточной гладкости радиолокационного изображения можно провести анализ рельефных особенностей, повышение резкости и усиление границ объектов изображения. Для определения градиентных особенностей радиолокационного изображения возможно применение известных методов исследования функций с помощью производных. В конечных разностях производные функции с последней итерации по x и по y можно записать в виде

$$\begin{cases} \frac{\partial \varphi_{i,j}^k}{\partial x} = \frac{\varphi_{i+1,j}^k - \varphi_{i-1,j}^k}{2d} \\ \frac{\partial \varphi_{i,j}^k}{\partial y} = \frac{\varphi_{i,j+1}^k - \varphi_{i,j-1}^k}{2d} \end{cases}. \quad (8)$$

Значение градиента G и направление градиента L можно записать в виде

$$G_{i,j} = \sqrt{(\varphi_{i,j}^x)^2 + (\varphi_{i,j}^y)^2}, \quad L_{i,j} = \text{tg} \frac{\varphi_{i,j}^y}{\varphi_{i,j}^x}, \quad (9)$$

где $\varphi_{i,j}^x$ и $\varphi_{i,j}^y$ – производные функции φ по x и по y .

Для расчета разностных производных в основном применяются двухточечные конечные разности. Однако порядок аппроксимации можно существенно улучшить, если задействовать большее количество точек. Объем вычислений при этом, конечно, возрастет, но и точность численного дифференцирования улучшится. Чтобы получить многоточечные раз-

ностные аппроксимации производной, следует действовать точно так же, как и раньше. К шести точкам аргументов: $(x_0 + id, y_0 + jd)$, где $i = \pm 0, 1$ и $j = \pm 0, 1$, добавим еще четыре: $i = \pm 2$ и $j = \pm 2$.

Рассмотрим применение описанной методики на примере выделения нефтяных пленок на морской поверхности. Проведенный обзор показывает [3, 4], что к падению величины отраженного сигнала приводят основные следующие причины: штилевая обстановка, зоны ветровой тени, дождевые пятна, растения в мелководных зонах и нефтяные пленки. В первую очередь, рассмотрим случаи проявления на радарных изображениях штилевой обстановки. Анализ изображения северной части каспийского шельфа с «RADARSAT-1» за 15.08.2006 года показал нулевой уровень сигнала. При близости морской поверхности к зеркальной, т.е. при нулевой шероховатости поверхности, отраженный сигнал отсутствует. Рассмотренный случай относился к центру штилевой зоны, поэтому рассмотрим особенности распределения отраженного сигнала в краевой области. Анализ радарных изображений показал, что на спокойной воде значение отраженного радиосигнала имеет либо нулевое значение или близко к нему. Наблюдается плавная зона перехода спокойной воды в волновую область. Как правило, зоны штилевой ситуации занимают большую площадь. В то же время стояния спокойной воды непродолжительны. Ветровое затишье (ветровая тень) может наблюдаться на относительно малой площади. В качестве примера рассмотрим изображение с «RADARSAT-1» за 13.10.2006 г.

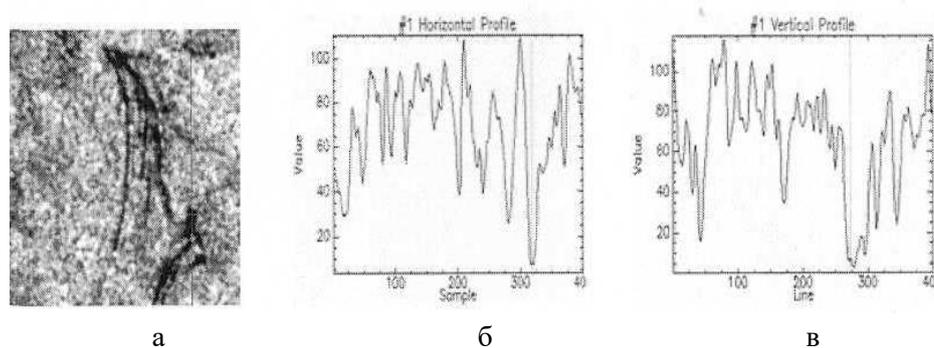


Рис. 1. Сглаженное РЛ изображение (а) участка акватории Северного Каспия 22.07.2006 г. с нефтяной пленкой, горизонтальный и вертикальный профили распределения радиосигнала (б, в).

Водная поверхность у западного побережья Каспийского моря (рис. 1а), где имеются фактические загрязнения морской воды нефтью.

Выбранный участок характеризуется наличием полос загрязнений нефтью. Анализ сглаженных горизонтальных и вертикальных профилей показывает, что наличие нефтяных пленок на морской воде характеризуется резким высоко градиентным провалом в графиках распределения радиосигнала (рис. 1б, 1в).

На РЛ космическом снимке «RADARSAT-1» ледового покрова в северной части Каспийского моря за 16 февраля 2006 года выбран участок (рис. 2а) с трещиной в верхнем левом углу и скоплением битого льда, проходящего белой полосой через весь снимок.

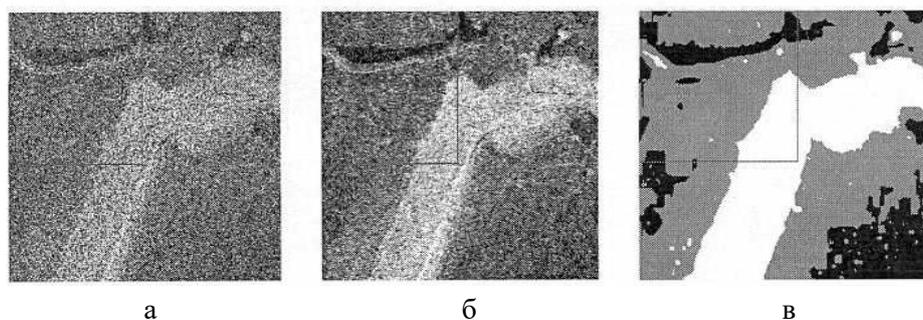


Рис. 2. Космический снимок «RADARSAT-1» северной части Каспийского моря за 16 февраля 2006 года (а), сглаженное изображение (б) и результат текстурного анализа (в).

В заключение можно отметить, что для устранения помех и выявления структурных особенностей успешно применимы процедуры фильтрации радиолокационных изображений. В результате детальной обработки космических изображений и анализа сглаженных профилей распределения отраженного радиосигнала, полученных с помощью радиолокационного спутника «RADARSAT-1», появляется возможность ведения ледового мониторинга и выявления нефтяных пленок на поверхности Каспийского моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загородников А.А. Радиолокационная съёмка морского волнения с летательных аппаратов. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 240 с.
2. Зубкович С.Г. Статистические характеристики радиосигналов, отраженных от морской поверхности. – М.: Советское радио, 1968. – 224 с.
3. Микроволновые исследования морской поверхности в прибрежной зоне / Булатов М.Г., Кравцов Ю.А., Кузьмин А.В., Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Раев М.Д., Скворцов Е.И., Александров Д.В / – М.,

2003 – 143 с.

4. Kennedy I.M., Wermund E.G. Oil spills. IR and microwave. // Photogramm. Eng. – 1971. – P.1235–1242.

ДГП Институт космических исследований, г. Алматы
РГП ЦАФИ НКА РК, г. Алматы

РАДИОЛОКАЦИЯЛЫҚ КОСМОСТЫҚ БЕЙНЕЛЕРДІ ӨНДЕУ МӘСЕЛЕСІ

Техн. ғылымд докторы	А.Ф. Мухамедғалиев
Техн. ғылымд докторы	А.Х. Ахмеджанов
	А.Н. Искаков
	Т.К. Караданов

Жер бетінің радиолокациялық бейнесінің шулылығы жоғары болатындықтан, оларды қолдану қиындайды. Кедергілерді жоятын және құрылымдық ерекшеліктерді анықтайтын радиолокациялық бейнелерді фильтрлеу тәсілін жүргізу ұсынылады. Ұсынылған әдісті қолдану теңіз бетіндегі мұнай таңбаларын табу және Каспий теңізінің солтүстік-шығыс бөлігіндегі мұздану жағдайын бағалау мысалдарымен көрсетілген.

УДК 551.524.34(574)

**ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И РЕЖИМА РЕК
В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕГРАДАЦИИ ГОРНОГО
ОЛЕДЕНЕНИЯ В ИХ БАССЕЙНАХ**

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов

Разработана методика определения изменения водных ресурсов и режима рек в результате деградации горного оледенения в бассейне озера Балхаш. Приведены обоснованные количественные оценки этих изменений. Предлагаемая методика может быть использована и для других регионов нашей планеты, в которых наблюдается деградация горного оледенения.

Деградация горного оледенения, сформировавшегося до 17-го – начала 18-го века, начиная со второй половины 20-го века значительно усилилась, в основном за счет повышения температуры воздуха. Гляциологические наблюдения [11, 8, 1, 5] и произведенные расчеты показали, что горное оледенение, в рассматриваемом бассейне, за последние 50 лет (1956...2005 гг.) сократилось на 35...37 %, а его объем на 41...43. Поступление в горные реки воды, образовавшейся в процессе деградации оледенения за указанный период, составило 10...12 % от климатически обусловленной нормы их годового стока. В дальнейшем поступление воды от таяния ледников будет сокращаться.

Гляциологические исследования показали, что при темпах деградации горного оледенения, наблюдавшихся во второй половине 20-го века, оно может практически исчезнуть уже в конце текущего века [3].

В связи с этим возникает необходимость оценки изменений водных ресурсов и режима рек в результате деградации горного оледенения.

В монографии [3] достаточно определенно обозначены вероятные последствия деградации оледенения для ресурсов и водного режима горных рек. Ее авторы справедливо отмечают, что в результате деградации горного оледенения сток рек северного склона Заилийского Алатау сократится, по их экспертной оценке, примерно на 16 %. Исчезнет регулирующее влияние оледенения речных бассейнов на межгодовую изменчивость общего стока, обусловленное асинхронностью ледникового стока и стока с неледниковых частей поверхности водосбора. Изменится внутригодовое

распределение речного стока: уменьшится его величина в летние месяцы (июль – август) и увеличится в весенне-летние месяцы (май – июнь). Что негативно отразится на сельскохозяйственном производстве в районах орошаемого земледелия. Все эти три направления негативных последствий деградации оледенения для водных ресурсов и водного режима стока горных рек требуют тщательного изучения и количественной оценки.

1 Изменение водных ресурсов и режима горных рек

Как известно, информация о значениях элементов водного баланса в высокогорных зонах речных бассейнов ограничена и часто недостаточно достоверна. Имеется очень небольшое количество работ, в которых приводится достаточно надежная информация о значениях элементов водного баланса в бассейнах горных рек. Одной из таких работ является монография [9], в которой приведены сведения об элементах водного баланса горных рек северного склона Заилийского Алатау. Используя эту информацию, попытаемся оценить изменения ресурсов стока горных рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах.

Средний многолетний годовой сток с ледников в условиях стационарности горного оледенения на уровне середины 20-го века может быть определен как разность зональных величин осадков, выпадающих на ледник, и испарение с его поверхности. Средние многолетние величины поступления осадков на поверхность ледника были приняты по данным, приведенным в монографии [9, (табл. 27)]. Они были определены как средне-взвешенные по площади значения осадков [9, (табл. 12)] для бассейнов рек северного склона Заилийского Алатау. Зональные величины испарения с ледниковых поверхностей были приняты также по данным, приведенным в монографии, для северной, западной и восточной экспозиций [9, (табл. 30)].

Для южной экспозиции испарение с ледников для зоны 3000 м было определено с помощью графика, приведенного в указанной работе [9, (рис. 9)]. Его распределение по высотным зонам было принято по аналогии распределения испарения для западной и восточной экспозиции. Оценка испарения для оледенения северного склона Заилийского Алатау была сделана с учетом разделения ледников по экспозициям. Для этого были использованы сведения, приведенные в монографии [10]. Распределение по экспозициям было принято следующим: для северной экспозиции – 68,2 %, для западной и восточной экспозиции – 30,5 % и для южной экспозиции – 1,3 %. Испарение с ледников северного склона Заилийского Алатау было принято как средняя взвешенная величина по площади оледенения в преде-

лах указанных экспозиций (табл. 1). Средний многолетний зональный сток с ледников северного склона Заилийского Алатау определялся как разность годовых осадков и испарения с их поверхности (табл. 1).

Таблица 1

Определение ледникового стока в бассейнах горных рек северного склона Заилийского Алатау

Высотный интервал, м	Площадь оледенения, км ²	Атмосферные осадки		Испарение		Сток с ледников	
		мм	млн. м ³	мм	млн. м ³	мм	млн. м ³
4600...5000	0,804	874	0,703	35	0,028	839	0,675
4200...4600	25,03	897	22,5	35	0,876	862	21,6
3800...4200	161,8	932	151	50	8,09	882	143
3400...3800	119,3	946	113	70	8,35	876	105
3000...3400	1,378	917	1,26	77	0,106	840	1,16
Сумма	308,3	-	288	-	17,5	-	271

Суммарный сток с ледников рассматриваемого склона оказался равным 271 млн. м³ в год. Полученная оценка хорошо согласуется с результатом, приведенным в работе [12] – 273,5 млн. м³ в год. Такое согласование полученных оценок указывает на возможность использования рассматриваемого способа определения среднего многолетнего ледникового стока.

В монографии [3] величина стока с ледников оценивается в 336,7 млн. м³. Различие приведенных выше оценок ледникового стока, по видимому, обусловлено тем, что для оценки последней величины использовались другие подходы к оценке аккумуляции на ледниках атмосферных осадков и абляции в процессе деградации горного оледенения.

Для оценки общего (включая ледниковый) стока северного склона Заилийского Алатау использованы данные, приведенные в работе [9, (табл. 27)] для отдельных рек рассматриваемого склона. Для всего склона зональные величины общего стока определялись как средние взвешенные значения по площади высотных зон отдельных речных бассейнов (табл. 2). Для этого были использованы данные о распределении площадей по высотным зонам в указанных бассейнах, приведенные в работе [9, (табл. 12)]. Вычитая от зональных значений объема общего стока объем стока с ледников можно определить объем зонального стока с неледниковой поверхности. Разделив его на площадь неледниковых поверхностей отдельных высотных зон, получим слой стока с неледниковых поверхностей северного склона Заилийского Алатау. Далее, рассчитав для площади оледенения величину объема неледникового стока с ледниковых поверхностей и вычтя ее из соответствующих объемов ледникового стока, получим оценку возможного сокращения речного стока в результате деградации горного оледенения рассматриваемого склона (табл. 3).

Таблица 2

Определение общего стока в высокогорье речных бассейнов северного склона Заилийского Алатау и его значений с неледниковой поверхности речных бассейнов

Высотный интервал, м	Площадь, км ²			Общий сток		Ледниковый сток, млн. м ³	Сток с неледниковой поверхности	
	общая	ледниковая поверхность	не ледниковая поверхность	мм	млн. м ³		млн. м ³	мм
4600...5000	1,808	0,804	1,004	386	0,698	0,675	0,023	23
4200...4600	49,8	25,03	24,77	445	22,2	21,58	0,59	24
3800...4200	247	161,8	85,2	703	174	143	30,9	363
3400...3800	460	119,3	340,7	863	397	105	292	858
3000...3400	483	1,378	481,622	676	327	1,16	325	676
Сумма	1241,6	308,3	933,3	-	920,0	270,6	649,4	-

Таблица 3

Определение изменений ледникового стока в результате деградации горного оледенения

Высотный интервал, м	Площадь оледенения, км ²	Сток, мм		Изменения ледникового стока	
		ледниковая поверхность	неледниковая поверхность	мм	млн. м ³
4600...5000	0,804	839	23	816	0,656
4200...4600	25,03	862	24	838	21
3800...4200	161,8	882	363	519	84
3400...3800	119,3	876	858	18	2,09
3000...3400	1,378	840	676	164	0,227
Сумма	308,3	-	-	-	107,9

Величина неледникового стока с поверхности, занятой в начале второй половины прошлого века ледниками, оказалась равной 107,9 млн. м³ в год или, с некоторым округлением, 108 млн. м³ в год. Если вычесть из величины ледникового стока 271 млн. м³ в год, величину стока с неледниковых поверхностей, равную 108 млн. м³, то можно получить оценку уменьшения стока в результате деградации горного оледенения северного склона Заилийского Алатау, равную 163 млн. м³ в год. По отношению к общему стоку рассматриваемого склона, равному 1325 млн. м³ в год, величина его сокращения в результате деградации горного оледенения составит 12 % в год. По отношению к величине ледникового стока (271 млн. м³) сток с вновь образовавшейся неледниковой поверхности составляет 40 %, а сокращение стока в результате деградации горного оледенения – 60 %. Примерно такую же величину сокращения стока в процентах можно получить и по экспертным оценкам, приведенным в [3].

Располагая результатами приведенных выше исследований ледникового стока можно определить для отдельных частей бассейна озера Балхаш величину сокращения общего стока в результате деградации горного оледенения. Результаты оценки сокращения среднего многолетнего стока рек в бассейне озера Балхаш в результате деградации горного оледенения приведены в табл. 4.

Таблица 4

Сокращение среднего многолетнего стока в бассейне озера Балхаш в результате деградации горного оледенения

Бассейн реки	Ледниковый сток, км ³ в год	Сток с неледниковой поверхности	Сокращение ледникового стока	
			км ³ в год	% от годового стока
Р. Иле (КНР)	2,86	1,14	1,72	12,3
Р. Иле (РК)	0,9	0,36	0,54	9,87
Р. Иле (КНР+РК)	3,76	1,5	2,26	11,6
Северный склон Джунгарского Алатау	0,47	0,19	0,28	5,87
Оз. Балхаш	4,23	1,69	2,54	10,5

Для определения сокращения общего стока в верхней части этого бассейна можно использовать результаты исследования ледникового стока, приведенные в [4]. Приведенная в этой работе величина ледникового стока, равная 2,31 км³ и составляющая 16,5 % от общего стока (14 км³ в

год), определена для условий размеров горного оледенения 1982 г. и равное 2022 км². Для сравнения с данными о ледниковом стоке, имеющимися в Казахстане, нам необходимы сведения о ледниковом стоке на начало второй половины прошлого века. Используя метод аналогии, мы оценили величину площади оледенения в верхней части бассейна р. Иле (КНР) на 1955...1956 гг., она оказалась равной 2501 км². Величина ледникового стока, как известно, пропорциональна площади оледенения. Поэтому его величина на 1955...1956 гг. для верхней части бассейна р. Иле может быть принята равной 2,86 км³ в год.

Сокращение общего годового стока в результате деградации горного оледенения в верхней части бассейна р. Иле возможно путем использования результатов, полученных для северного склона Заилийского Алатау. Они показали, что сокращение общего годового стока составит 60 %, а стока, с вновь образовавшейся неледниковой поверхности – 40 % от величины ледникового стока.

Тогда, для верхней части бассейна р. Иле, сток с неледниковой поверхности составит 1,14 км³ в год, а сокращение общего стока в результате деградации горного оледенения 1,72 км³ в год.

Для определения сокращения общего годового стока в результате деградации горного оледенения в средней части бассейна р. Иле могут быть использованы исследования ледникового стока, приведенные в [12]. По данным авторов этой работы, он оказался равным около 0,9 км³ в год или 16,5 % от общего стока, равного 5,47 км³ в год. Используя эти результаты аналогичным образом, можно определить, что сток, с вновь образовавшейся неледниковой поверхности, составит 0,36 км³ в год, а величина сокращения общего годового стока в результате деградации горного оледенения – 0,54 км³ в год.

Для всего бассейна р. Иле сокращение общего стока в результате деградации горного оледенения составит в среднем 2,26 км³ в год, или 11,6 % в год по отношению к современному общему стоку ледниковых рек, равному 19,5 км³ в год.

Для северного склона Джунгарского Алатау величина ледникового стока составляет около 0,47 км³ в год или 9,85 % от величины среднемноголетнего годового стока. Используя этот результат, можно определить, что сток, с вновь образовавшейся неледниковой поверхности, составит 0,19 км³ в год, а величина сокращения общего годового стока в результате деградации горного оледенения 0,28 км³ в год.

Для всего бассейна озера Балхаш сокращение общего стока в результате деградации горного оледенения, по предварительной оценке, составит $2,54 \text{ км}^3$ в год или $10,5 \%$ от современного общего стока ледниковых рек, равного $24,2 \text{ км}^3$ в год.

Следует отметить, что сокращение общего стока до приведенных выше результатов будет происходить не сразу после освобождения определенной части горного бассейна от покровного оледенения. Оно будет увеличиваться постепенно по мере формирования в верхнем деятельном слое бассейна примерно таких же ледотермических и инфильтрационных характеристик, как и у расположенных рядом, на тех же высотных отметках современной неледниковой поверхности.

Изменение характеристик деятельного слоя поверхности горного бассейна является сложным и длительным процессом [1], который, по-видимому, может продолжаться в течение нескольких десятилетий после освобождения его ото льда. Поэтому, следует полагать, что в ближайшие десятилетия потери стока, на вновь образовавшейся неледниковой поверхности, по-видимому, еще не будут существенно сказываться на величине годового стока.

2 Изменение межгодовых колебаний стока горных рек

Современное оледенение речных бассейнов оказывает существенное регулирующее влияние на речной сток. Оно обусловлено превышением абляции снега и льда над аккумуляцией осадков в годы с пониженным увлажнением горных склонов и превышением аккумуляции над абляцией в годы с повышенным количеством выпадающих осадков [3]. За счет этого процесса коэффициент вариации годового стока уменьшается с увеличением относительной площади оледенения речных бассейнов. Этот эффект – влияние оледенения на коэффициент вариации годового стока и его значений за вегетационный период был впервые отмечен в работах по гидрологии рек Средней Азии. Для территории Казахстана зависимость коэффициента вариации годового стока от относительной площади оледенения приведена в [6]. Для рек северного склона Джунгарского Алатау и некоторых других рек Средней Азии автор этой работы установил в десятичных логарифмах зависимость коэффициента вариации годового стока от площади оледенения, выраженной в процентах от общей площади речного бассейна. Коэффициент корреляции этой связи $r = -0,70 \pm 0,05$. Далее, в результате потенцирования этого уравнения, им была получена зависимость:

$$C_v = \frac{A}{(P+1)n} \quad (1)$$

или $A = C_v(P+1)^n, \quad (2)$

где C_v – коэффициент вариации годового стока; P – площадь оледенения в % от общей площади речного бассейна; A, n – параметры.

Параметр A в выражении (1) оказался равным 0,28. Он представляет собой коэффициент вариации годового стока рек при отсутствии оледенения в их бассейнах. Параметр $n = 0,24$ [6].

Располагая данными о характеристиках годового стока речных бассейнов северных склонов Заилийского и Джунгарского Алатау (табл. 5), была получена зависимость, приведенная на рис. 1.

Таблица 5

Современное оледенение северных склонов Заилийского и Джунгарского Алатау

Река – пост	$F_{\text{общ.}}$, км ²	$F_{\text{лед.}}$, км ²	$F_{\text{лед.}}/F_{\text{общ.}}$, %	Q_0 , м ³ /с	C_v
Северный склон Заилийского Алатау					
р. Узункаргалы – пос. Фабричный	344	12,4	3,6	3,84	0,19
р. Чемолган – с. Чемолган, в 6 км выше селения	139	2,1	1,51	1,3	0,19
р. Аксай – кордон Аксайский, в 2 км выше кордона	134	15,7	11,72	2,33	0,16
р. У. Алматы – в 2 км ниже устья ручья Тересбутака	280	39,5	14,11	5,3	0,15
р. У. Алматы – г. Алматы	118	11,4	9,66	2,42	0,2
р. Талгар – г. Талгар	444	117	26,35	10,4	0,14
р. Иссык – свх. Иссык, в 5 км ниже оз. Иссык	256	53	20,7	4,98	0,15
р. Тургенъ – с. Таутургенъ	614	39,5	6,43	7,13	0,15
Северный склон Джунгарского Алатау					
р. Кора – г. Текели	484	72,1	14,9	13,1	0,17
р. Чижа – г. Текели (с. Каратальское, в 5 км выше селения)	479	8,5	1,77	11,6	0,31
р. Коксу – свх Кук-Креу	3670	148,5	4,05	58,4	0,24
р. Аксу – с. Абакумовское	1330	76,1	5,72	11,8	0,2
р. Сарканд – с. Сарканд	645	58	8,99	6,54	0,17
р. Баскан – клх «Энергия»	903	84,7	9,38	10,4	0,17
р. Лепси – г. Лепсинск	1220	81,9	6,71	18,7	0,22
р. Тентек – клх «Тункуруз»	3300	96,4	2,92	46,4	0,25

Она имеет следующее выражение:

$$\log C_v = 0,24(P+1) - 0,5086 \quad (3)$$

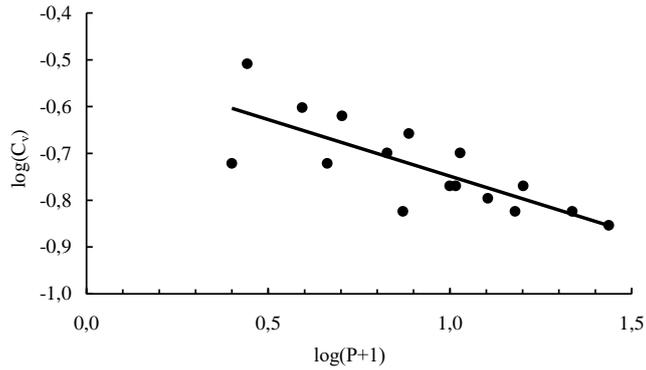


Рис. 1. Зависимость коэффициента вариации годового стока от площади оледенения, в процентах от общей площади речного бассейна.

Коэффициент корреляции $r = 0,79 \pm 0,034$. В результате потенцирования этого уравнения получим выражение (1) при $A = 0,31$. Значение параметра $n = 0,24$, т.е. таким же как и в работе [6]. Это выражение можно использовать для оценки изменения статистических характеристик речного стока в результате деградации оледенения в их бассейнах. Для этого, располагая для отдельных речных бассейнов значениями коэффициента вариации C_v и площади оледенения P , в процентах от общей площади их водосборов, из выражения (2) при $n = 0,24$ следует определить параметр A , являющийся коэффициентом вариации стока реки при отсутствии оледенения. Затем, используя значение $C_v = A$, можно при полученном ранее соотношении коэффициента вариации C_v и коэффициента асимметрии C_s определить значения стока различной обеспеченности.

В табл. 6 для некоторых рек северного склона Заилийского Алатау приведены результаты сопоставления значений стока различной обеспеченности при наличии и отсутствии оледенения в их бассейнах, а также разность между ними в процентах. Располагая зависимостью (3), можно на примере отдельных рек оценить, как в результате деградации горного оледенения изменяются межгодовые колебания речного стока и статистические характеристики годового стока. При этом будем учитывать, что в результате деградации оледенения речной сток сократится на 12 %. В табл. 6 такие оценки приведены для рек Талгар, Иссык, Улькен Алматы и Аксай. В первых трех столбцах этой таблицы приведены сведения о площадях водосбора и оледенения рассматриваемых речных бассейнов. В остальных пяти столб-

цах – статистические характеристики речного стока: в первой строке в естественных условиях, а во второй – после деградации горного оледенения в речных бассейнах. В третьей строке приведена разность, в %, стока различной обеспеченности приведенных в первой и второй строке табл. 6.

Таблица 6

Изменение характеристик стока рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах, сток уменьшен на 12 %

Площадь водосбора, км ²	Площадь оледенения		Характеристики стока			Расходы различной обеспеченности, м ³ /с	
	км ²	% от площади водосбора	Q ₀ , м ³ /с	C _v	C _s	1%	95%
	р. Талгар – г. Талгар						
444	117	26,4	10,40	0,14	0,28	14,1	8,2
	0	0	9,15	0,31	0,62	17,0	5,1
	Δ, %		-12			20,5	-37,9
	р. Иссык – свх. Иссык, в 5 км ниже оз. Иссык						
256	53	20,7	4,98	0,15	0,3	6,9	3,8
	0	0	,38	0,31	0,62	8,1	2,4
	Δ, %		-12			18,1	-37,8
	р. Улькен Алматы – в 2 км ниже устья ручья Тересбутак						
237	39,5	16,7	5,30	0,15	0,3	7,3	4,1
	0	0	4,66	0,3	0,6	8,5	2,6
	Δ, %		-12			15,9	-35,4
	р. Аксай – кордон Аксайский, в 2 км выше кордона						
134	15,7	11,7	2,33	0,16	0,32	3,3	1,8
	0	0	2,05	0,29	0,58	4,0	1,2
	Δ, %		-12			11,8	-32,6

Данные, приведенные в табл. 6 показывают, что в результате деградации горного оледенения и увеличения коэффициента вариации годового стока, значения различной обеспеченности существенно изменяются. Сток 95%-ной обеспеченности уменьшится на 32,6...37,9 %, а сток 1 % обеспеченности увеличится на 11,8...20,5 %. Это приведет к существенным затруднениям в использовании стока для нужд орошаемого земледелия, особенно в маловодные годы. В многоводные годы в связи с повышением речного стока повышается вероятность формирования паводков и селевых потоков. В качестве мер адаптации к неблагоприятным изменениям в режиме стока горных рек следует рекомендовать строительство, в бассейнах рассматриваемых рек, водохранилищ, в первую очередь, сезонного и многолетнего регулирования, а также строительство защитных противопаводковых и противоселевых сооружений.

3 Изменение внутригодового распределения стока горных рек

В процессе деградации и уменьшения водных ресурсов горно-ледниковых систем внутригодовое распределение стока существенно изменится. Сток рек, имеющих в своих бассейнах ледники, с древнейших времен создавал благоприятные условия для орошаемого земледелия. Это было обусловлено тем, что наибольший сток этих рек был приурочен к, так называемому, вегетационному периоду (апрель – сентябрь), когда в засушливых районах Средней Азии и Казахстана вода была необходима для обеспечения орошаемого земледелия. Вода была особенно необходима растениям в период, так называемого, короткого лета (июнь – август) [3].

По мере деградации оледенения – уменьшения площади и объема ледников, сток этого периода будет уменьшаться [3]. В конце периода деградации оледенения внутригодовое распределение годового стока рек, имеющих в своих бассейнах ледники, должно приблизиться к внутригодовому распределению стока рек, в бассейнах которых ледники отсутствуют. Основная часть стока таких горных рек формируется в весенний период (апрель – июнь) за счет снеготаяния и выпадения жидких осадков. Такой режим внутригодового распределения стока является недостаточно благоприятным для земледелия, так как в самый засушливый период развития и созревания сельскохозяйственных культур (июль – сентябрь) количество речной воды значительно сокращается.

Вопрос о том, как изменится водный режим в результате деградации оледенения, является исключительно важным для экономики рассматриваемого региона. Особенно важно оценить изменения, которые произойдут во внутригодовом распределении стока горных рек, в бассейнах которых имеются ледники. Эти изменения можно оценить путем сравнения внутригодового распределения стока рек, имеющих ледники в своих бассейнах и рек, в бассейнах которых оледенение отсутствует [7].

На территории республики Казахстан к рекам, в бассейнах которых имеется довольно значительное оледенение, можно отнести р. Шилик, имеющую по выходе из гор площадь водосбора 4300 км² и площадь оледенения 286 км². А к рекам, практически не имеющим в своих бассейнах ледников, можно отнести р. Шарын, имеющую по выходе из гор площадь водосбора 7370 км² и площадь оледенения бассейна около 2 км². Эти две реки являются левыми притоками р. Иле.

Для этих двух рек в табл. 7 приведены сведения о внутригодовом распределении стока по месяцам в различные по водности годы. В первой строке

приведены данные для р. Шилик, во второй – для р. Шарын, в третьей – разность внутригодового распределения стока р. Шарын и р. Шилик (ΔQ , %).

Таблица 7

Внутригодовое распределение стока р. Шилик – с. Малыбай,
р. Шарын – ур. Сарытогай, %

	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Многоводный год												
р. Шилик	3,3	3,1	2,9	3,9	7,6	14	21	19	10,6	6,5	4,7	3,7
р. Шарын	4	4,2	4,5	11	18	15	11	8,7	7,1	6,7	5,4	4,4
ΔQ	0,7	1,1	1,6	6,9	11	0,6	-9,6	-10	-3,5	0,2	0,7	0,7
Средний год												
р. Шилик	3,4	3,2	3,1	3,6	7	14	19	21	11	6,5	4,8	3,8
р. Шарын	4	4,3	6,4	12	14	18	9,9	7,8	7	6,7	5,7	4,8
ΔQ	0,6	1,1	3,3	8	6,6	4,1	-8,6	-13	-4	0,2	0,9	1
Маловодный год												
р. Шилик	3,6	3,3	3,1	3,5	6,4	14	19	21	10,9	6,5	4,8	4
р. Шарын	4,2	4,5	6,9	12	16	13	10	8,3	7,5	6,8	6	4,9
ΔQ	0,6	1,2	3,8	8,7	9,1	-0,9	-8,9	-13	-3,4	0,3	1,2	0,9
Очень маловодный												
р. Шилик	3,7	3,4	3,1	3,4	6,4	14	19	21	10,8	6,7	5	4,1
р. Шарын	4,6	4,8	6,8	12	15	13	10	8,1	7,3	7,2	6,2	5,2
ΔQ	0,9	1,4	3,7	8,6	8,8	-1,1	-9	-13	-3,5	0,5	1,2	1,1

Сравнение данных внутригодового стока двух рек в средний по водности год показывает (рис. 2), что в июле, августе и сентябре сток р. Шилик значительно выше стока р. Шарын. В апреле, мае, июне, наоборот, сток р. Шарын превышает сток р. Шилик. В зимние месяцы сток р. Шарын также несколько превышает сток р. Шилик.

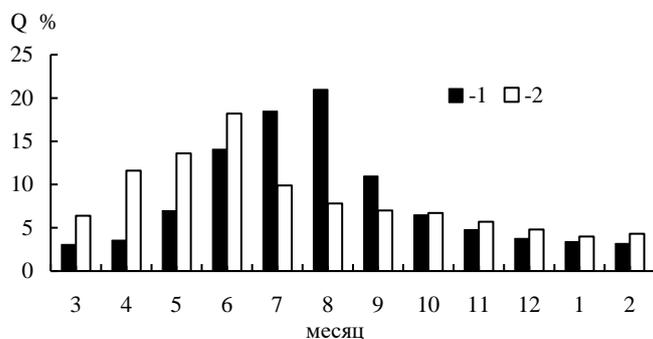


Рис. 2. Сравнение месячного стока среднего по водности года р. Шилик – с. Малыбай (1) и р. Шарын – ур. Сарытогай (2).

Деградация горного оледенения приведет к значительному изменению стока горных рек. В средний по водности год значения стока за июль, август и сентябрь сократятся соответственно с 19 % до 9,9 %, с 21 % до 7,8 %, с 11 % до 7 %. А сток за апрель, май, и июнь увеличится соответственно с 3,6 % до 12 %, с 7 % до 14 %, с 14 % до 18 %. С уменьшением водности года сокращение стока в указанные летне-осенние месяцы несколько уменьшится, и увеличение стока в весенне-летние месяцы тоже сократится. (Табл. 7)

Наглядное представление, об изменении внутригодового распределения стока горных рек по кварталам в результате деградации оледенения дано на рис. 3.

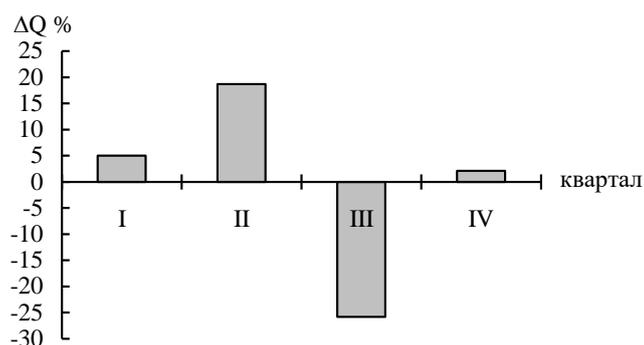


Рис. 3. Изменение внутригодового распределения стока рек в результате деградации горного оледенения, в средний по водности год.

На рис. 3 приведены разности между характеристиками стока рек, не имеющих ледники и имеющие их в своих бассейнах в % от годового стока. Эти данные показывают, что в результате деградации горного оледенения, сток третьего квартала (июль-сентябрь) уменьшится на 25,8 % от его годовой величины, то есть почти в 2 раза по отношению к стоку за этот квартал. В основном за счет уменьшения стока за третий квартал, сток второго квартала (апрель-июнь) увеличится на 18,7 % от годового стока или почти в 2 раза по отношению к стоку этого квартала. Изменения стока за первый и четвертый кварталы будут в количественном отношении сравнительно невелики.

В различные по водности годы распределение годового стока по месяцам и кварталам, в основном, остается почти таким же, как и в средние по водности годы.

Изменение внутригодового стока рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах создает большие трудности при осу-

ществлении и развитии орошаемого земледелия на юго-востоке республики в бассейне озера Балхаш. Для устранения и компенсации последствий деградации горного оледенения в бассейнах рек, сток которых используется для орошаемого земледелия, будет необходимо строить водохранилища и гидроузлы для обеспечения сезонного регулирования речного стока. Такие меры позволят обеспечить благоприятное для культивируемых растений поступление воды на орошаемые массивы.

Заключение

В результате проведенных исследований разработана методика определения водных ресурсов и режима рек в результате деградации горного оледенения в их бассейне.

Расчеты показали, что в результате завершения этого процесса, ожидаемом гляциологами в последних десятилетиях текущего века, сток в бассейне р. Иле уменьшится на 2,3 км³ или 12 % в год, а всего в бассейне оз. Балхаш на 2,5 км³ или 10...12 % в год. В пределах Республики Казахстан сокращение речного стока составит 0,8 км³ или 8 % в год.

Коэффициент изменчивости годового стока увеличится и приблизится к значениям, характерным для рек с отсутствием ледникового питания. Существенно изменится и внутригодовое распределение речного стока – его величина за июль – сентябрь уменьшится, а за апрель – июнь увеличится примерно в два раза.

По мере деградации горного оледенения поступление воды в реки в результате таяния ледников будет уменьшаться, а потери стока на вновь образовавшейся неледниковой поверхности речных бассейнов – увеличиваться. Одновременно в указанных направлениях будет изменяться и водный режим рек – межгодовая изменчивость годового стока и его внутригодовое распределение.

Предложенная методика определения изменений водных ресурсов и режима рек бассейна озера Балхаш может быть использована и для других регионов нашей планеты, в которых происходит деградация горного оледенения.

Изменение водных ресурсов и режима стока горных рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах способны значительно осложнить сельскохозяйственную деятельность в районах орошаемого земледелия и сохранения экологической системы озера Балхаш. Исследования проводились при финансовой поддержке ПРООН Республики Казахстан в рамках подготовки второго национального сообщения об изменении климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Горбунов А.П., Морозова В.Н., Северский И.В. Деградация оледенения и криогенез на современных моренах северного Тянь-Шаня // Научный журнал Криосфера Земли. – 2006. – Т. X. – № 1, январь-март. – С. 69-73.
2. Вилесов Е.Н., Морозова В.И. Современные тенденции изменения размеров оледенения и ледникового стока в бассейне реки Каратал, Западная Джунгария. // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №3, С. 80-92.
3. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы: 2001. – 252 с.
4. Глазырин Г.Е., Шестерова И.Н. Некоторые особенности оледенения Китайской части бассейна реки Или // Географическая наука в Казахстане; результаты и пути развития. – Алматы: «Гылым», 2001. – С. 303-311.
5. Каталог ледников СССР. Том 13. Центральный и Южный Казахстан.- Вып. 2. Бассейн озера Балхаш. Части 1-4. – Л.: Гидрометеоиздат, 1967-1975.
6. Лаврентьев П.Ф. Влияние оледенения на основные характеристики речного стока на примере рек северного склона Джунгарского Алатау. / Материалы гляциологических исследований. – М.: Изд. ВИНТИ, Вып. 9, 1964.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 13. Центральный и Южный Казахстан. Выпуск 2. Бассейн озера Балхаш. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 645 с.
8. Северский И.В. Современные и прогнозные изменения снежности и оледенения зоны формирования стока и их возможное воздействие на водные ресурсы Центральной Азии. / Материалы регионального семинара по оценке снежно-ледовых ресурсов в Азии 28-30 ноября 2006 г.. – Алматы.: 2007. С. – 180-205.
9. Соседов И.С. Методика территориальных воднобалансовых обобщений в горах. – Алма-Ата: «Наука», 1976. – 149 с.
10. Токмагамбетов Г.А. Ледники Заилийского Алатау. Алма-Ата: Наука, 1976. – 368 с.
11. Черкасов П.А. Современное состояние ледников Или-Балхашского региона. // Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш. – Алматы: Кағанат, 2002. – С. 141-198.
12. Чехонадская В.А., Токмагамбетов Г.А., Щукина Т.А. Объем ледникового стока бассейна Или. // Режим ледников и снежных лавин Казахстана. – Алма-Ата: «Наука», 1979. – С. 110-120.

Казгидромет, г. Алматы

**СУ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ӨЗГЕРІСІ ЖӘНЕ СУ РЕЖИМІ
НӘТИЖЕСІНДЕ ОСЫ АЛАБЫНЫҢ ТАУЛЫ
МҰЗДАНУ ДАҒДАРЫСЫ**

Геогр. ғылымд. канд. В.В. Голубцов

Балқаш көлі алабындағы су ресурстар өзгерісін анықтау және су режимі нәтижесінде таулы мұздану дағдарысының әдісі жасалынды. Осы өзгерістерінде тұрақты мөлшерлі бағасы келтірілген. Ұсынылған әдісті біздің жер шарымыздағы басқа аймақтарда да қолдануға болады, яғни, мұздану дағдарысы байқалған кезде.

УДК 556.18.004.14

**ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КАЗАХСТАНА
ПРИ АНТРОПОГЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА В ПЕРВОЙ
ПОЛОВИНЕ 21 ВЕКА**

Канд. техн. наук В.И. Ли
Канд. геогр. наук В.П. Попова

Приведены результаты исследований уязвимости водных ресурсов Казахстана при антропогенном изменении климата. Изложена методика исследования. По результатам моделирования выявлено, что во второй половине 20 – начале 21 века существенных изменений естественного стока под влиянием климата не произошло. Исключение составляют только реки бассейна озера Балхаш, где сток за вторую половину рассматриваемого периода оказался несколько выше до 8...10 %, в основном за счет дополнительного поступления талых вод, образовавшихся в результате деградации горного оледенения.

Методика исследования

Для исследования возможной уязвимости водных ресурсов Казахстана вследствие антропогенных изменений климата в качестве методической основы использована усовершенствованная концептуальная математическая модель формирования стока, разработанная в Казахском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (КазНИГМИ) под руководством В.В. Голубцова [4, 5] для горных рек. В этой модели речной бассейн представлен в виде трех последовательно соединенных регулирующих емкостей, расположенных одна над другой и отождествляемых с поверхностным, почвенно-грунтовым и грунтовым стокообразованием, а также емкости, характеризующей стокообразование в пределах гидрографической сети. Модель включает описание отдельных элементарных воднобалансовых процессов (формирования снеготпасов и поступления воды на поверхность бассейна, изменения влагозапасов, промерзания и оттаивания почвогрунтов, суммарного испарения, поверхностного, почвенно-грунтового и грунтового стокообразования, формирования притока к русловой сети и гидрографа стока в замыкающем створе), т.е. состоит из

нескольких частных моделей. В ее основу положены принципы, изложенные в работах [1, 2, 3, 6, 7]. Блок-схема модели приведена на рис. 1

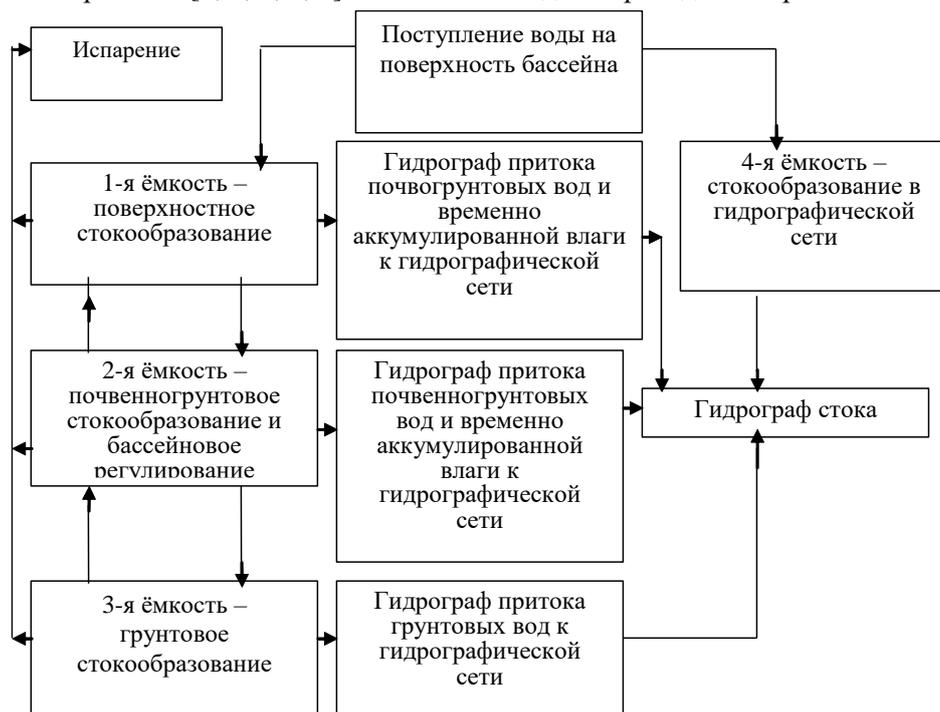


Рис. 1. – Общая структура модели формирования стока.

Особенностью модели, разработанной в КазНИГМИ, является то, что она позволяет даже при наличии ограниченной исходной информации моделировать сток с каждой высотной зоны, в том числе с различных ландшафтных частей бассейна и склонов различной экспозиции. Параметры модели принимаются в зависимости от высоты местности, уклона и экспозиции горных склонов, характера подстилающей поверхности (открытой, залесенной, ледниковой и т.д.).

В блоке формирования снеготпасов и поступления воды на поверхность бассейна учитываются термический режим, вид выпадающих атмосферных осадков, их пространственное изменение, динамика альбеда, плотность и водоудерживающая способность снежного покрова, покрытость снегом отдельных высотных зон, задержание осадков растительным покровом. В связи с недоучетом атмосферных осадков измерительными приборами в величины осадков вводятся суммарные поправки на смачивание, испарение, влияние скорости ветра. Расчет интенсивности снеготпа-

яния производится с помощью температурных коэффициентов. При переходе от неледниковой к ледниковой зоне учитывается температурный скачок – резкое уменьшение температуры воздуха, обусловленное наличием инверсионного слоя.

Блок изменения влагозапасов в почвогрунтах позволяет получать непосредственные характеристики увлажнения речных бассейнов, определяемые с помощью метода водного баланса. При этом динамика влагозапасов рассчитывается в зависимости от хода во времени атмосферных осадков и суммарного испарения с подстилающей поверхности. В свою очередь расчет суммарного испарения основан на учете изменения осадков и интенсивности истощения влагозапасов в зоне активного влагообмена, связанного с колебаниями температуры воздуха, нестационарностью процесса транспирации растительного покрова в течение вегетационного периода и агрогидрологическими свойствами слагающих бассейн почвогрунтов.

Моделирование глубин промерзания и оттаивания почвогрунтов основано на использовании зависимости этих характеристик от накопленных сумм отрицательных температур воздуха зимой и положительных в весенний период. При этом учитывается также влияние влажности почвогрунтов, высоты и плотности снежного покрова, поступление тепла с нижележащих слоев, солнечной радиации и талых вод.

Поверхностное стокообразование описывается разностью интенсивностей поступления воды на поверхность бассейна и ее инфильтрации в почву. Причем инфильтрация рассматривается как нестационарный процесс, поскольку на нее влияют промерзание и оттаивание почвогрунтов. Эта особенность модели реализуется с помощью инфильтрационного параметра, выраженного через его значение для талых почвогрунтов, относительные влагозапасы в метровом слое и разность между текущей и начальной мощностью слоя промерзания. Дополнительно учитываются интенсивности наполнения емкости начальных потерь, инфильтрации из бессточных понижений и поступления почвенно-грунтовых вод на поверхность бассейна в результате переполнения второй регулирующей емкости. Иначе говоря, принимаются во внимание потери воды до начала поверхностного стокообразования и после его завершения, а также выхода почвенно-грунтовых вод на дневную поверхность. Определение этих потерь связано соответственно с расчетами дефицитов влажности верхнего слоя почвогрунтов, поверхностной емкости, определение выхода почвен-

но-грунтовых вод – с расчетами потенциального и реального почво-грунтового стокообразования.

Моделирование почвенно-грунтового стокообразования производится по разности интенсивностей поступления воды во вторую регулируемую емкость из первой и инфильтрации из второй емкости в третью. Полученная таким образом величина почвенно-грунтового стокообразования является потенциальной. Реальное же почвенно-грунтовое стокообразование выражается через потенциальное и через текущий и максимальный дефициты гравитационной влаги во второй емкости.

Интенсивность грунтового стокообразования условно отождествляется с интенсивностью заполнения третьей регулирующей емкости. Она определяется как разность интенсивности инфильтрации из второй емкости в третью и интенсивности потерь влаги на наполнение статических запасов подземных вод. Из той части динамических запасов последних, которая не выклинивается в замыкающем створе.

Следующий этап моделирования формирования стока в бассейне связан с описанием процесса трансформации интенсивности стокообразования в гидрограф притока воды к гидрографической сети. В качестве приближенной характеристики притока к гидрографической сети принимается сток с элементарных бассейнов, склоновый сток которых концентрируется в одном хорошо выраженном русле. Площадь таких бассейнов может быть установлена в зависимости от густоты гидрографической сети.

Приток воды к гидрографической сети определяется с помощью моделей разработанных на основе решения дифференциального уравнения изменения во времени динамических запасов воды в бассейне. Это изменение представляет собой разность интенсивности стокообразования и интенсивности притока воды к гидрографической сети, причем между динамическими запасами и притоком грунтовых вод, по данным гидрогеологических исследований, существует линейная зависимость, а для поверхностного притока, согласно имеющимся материалам наблюдений, она существенно нелинейная. Поэтому в модели формирования стока, разработанной в КазНИГМИ, для трансформации интенсивности грунтового стокообразования в гидрограф притока к русловой сети принята линейная модель, для трансформации интенсивности поверхностного стокообразования в гидрограф поверхностного притока – нелинейная модель. Линейная зависимость между динамическими запасами воды в бассейне и

притоком к гидрографической сети положена также в основу модели трансформации интенсивности почвенногрунтового стокообразования в гидрограф притока почвенно-грунтовых вод.

В связи с представлением речного бассейна в виде системы последовательно соединенных емкостей интенсивность стокообразования трансформируется в гидрограф притока к гидрографической сети отдельно для каждой емкости. Общий приток к гидрографической сети вычисляется путем суммирования его составляющих, а приток со всего бассейна определяется как сумма значений, рассчитанных для высотных зон.

Основными входными данными для моделирования гидрографа стока являются суточные суммы осадков и средние суточные температуры воздуха на метеорологических станциях, расположенных в пределах бассейна Иле вблизи от него.

Дальнейшее усовершенствование описанной модели производилось с целью распространения возможности ее использования и для равнинных речных бассейнов. Для этого внесены дополнения в блок формирования снегозапасов и поступления воды на поверхность бассейна и в другие блоки, позволяющие моделировать процесс формирования стока с учетом не только высотной зональности физико-географических условий, но и их изменения в широтном и меридиональном направлениях. Кроме того, проведена адаптация модели для оценки уязвимости водных ресурсов с использованием сценариев потенциального антропогенного изменения климата.

Антропогенные изменения климата были приняты по сценариям A2 и B2. Для построения которых применялась версия 4.1 программного комплекса MAGICC/SCENGEN (Model of the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change / Scenario Generator), разработанного по заданию МГЭИК в том числе и для проведения работ по оценке уязвимости. Версия 4.1 данного комплекса содержит выходные данные Модели общей циркуляции Атмосферы и Океана. Было проведено сравнение результатов контрольных прогонов с климатическими данными по температуре воздуха за период 1961...2000 гг. и по количеству осадков за 1981...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 $5 \times 5^\circ$.

Из 17 моделей комплекса для построения сценариев климата Казахстана было выбрано 5 следующих моделей: CERF98 – модель центра CERFACS; CSI296 – модель, разработанная в Австралийской научно-индустриальной Организации; ECH498 – модель института Макса Планка, Германия; CSM_98 – модель центра NCAR, США; HAD300 – модель Хадлей-Центра, Великобритания. Последние две цифры в обозначении моделей указывают на год используемой версии модели. Выбор моделей осуществлен по значению коэффициента пространственной корреляции между наблюдаемыми и смоделированными значениями температуры приземного воздуха и количества осадков.

Просчитано изменение приземной температуры воздуха и осадков к 2030 и 2050 году при двух сценариях изменения концентрации парниковых газов A2 и B2 в среднем по 5 моделям.

Ограничения (объекты исследования уязвимости)

Оценка уязвимости водных ресурсов вследствие антропогенного изменения климата была проведена для девяти рек относящихся к пяти водохозяйственным бассейнам. Два из них равнинные – бассейны рек Тобол и Есиль. Бассейны рек Оба, Ульби, Иле, Каратал, Коксу, Арысь и Шаян – горные. Реки Иле, Каратал и Коксу относятся к рекам с ледниковым питанием.

Бассейн рек Оба и Ульби (Ертисский водохозяйственный бассейн) расположен в Рудном Алтае. Суммарная площадь водосбора рек Оба и Ульби составляет 14840 км². Высотные отметки изменяются в пределах 200...2600 м. Около 90 % площади водосбора располагается ниже высоты 1600 м. Общий уклон равен 220 ‰. Более 50 % площади занимают лесные массивы, состоящие в основном из хвойных пород деревьев. До 82 % леса сосредоточено в высотной зоне от 400 до 1600 м. Климат резко континентальный. Зимой температура воздуха может опускаться до минус 48 °С. Среднемесячная температура июля в предгорьях равна 20,2 °С. Количество атмосферных осадков изменяется с высотой местности. На высоте 200 м оно составляет 410 мм, на высоте 1600 м – 1220 мм. Преобладающая часть осадков, до 70 % от годовой суммы, выпадает в теплое время года. Около 60 % жидких осадков наряду с талыми водами участвует в формировании весеннего половодья, продолжающегося 3...4 месяца. В весеннее половодье проходит обычно 60...70 % годового стока. Речной сток используется в про-

мышленности, сельском и коммунальном хозяйстве. Однако доля используемых вод, как правило, не превышает 10 %.

Бассейн реки Тобол (Тобол-Тургайский водохозяйственный бассейн) расположен в Северном Казахстане. Площадь водосбора равна 13400 км². Высота местности изменяется в пределах 220...420 м. Средний уклон составляет 8,7 %. Около половины площади водосбора распаханно и используется в основном для выращивания зерновых культур. Климат в бассейне резко континентальный: лето жаркое и сухое, зима холодная и малоснежная. Размах колебаний температуры воздуха иногда превышает 80 °С. Среднемесячная температура воздуха в январе в среднем равна минус 16,5...17,0 °С. Максимальные температуры воздуха достигают 40 °С, минимальные – минус 40 °С. Средняя годовая температура воздуха 2,2...2,8 °С. Годовая сумма атмосферных осадков колеблется по территории в среднем от 250 до 400 мм. До 70...85 % осадков выпадает в теплый период года – с апреля по октябрь.

В водном режиме реки Тобол обычно резко выделяется волна весеннего половодья, с средней продолжительностью около месяца, однако в некоторые годы половодье бывает низким, сглаженным по форме. Доля его стока в годовом объеме достигает 80 % и более. В бассейне Тобола имеется множество прудов, малых водохранилищ, копаней, прудокопаней. Наибольшими искусственными водоемами являются Брединское и Желкуарское водохранилища. Речные воды используются для водоснабжения, орошения, водопоя скота. Водозаборы из реки и ее притоков в последнее десятилетие находятся на уровне 10...15 млн. м³ в год.

Бассейн р. Есиль (Есильский водохозяйственный бассейн), в основном, приходится на Акмолинскую, Кокшетаускую, Северо-Казахстанскую, а на юго-востоке вклинивается в Карагандинскую область. По устройству поверхности он представляет увалистую равнину с приречными мелкосопочниками, высота которых достигает 350 м. Отдельные сопки и увалы образующие небольшие горные кряжи сложены массивно-кристаллическими породами возвышаются до 700...800 м над уровнем моря.

На распаханых землях, кроме яровой пшеницы, выращивается озимая рожь, овес, ячмень, просо. Среди технических культур наибольшее распространение имеет подсолнечник. Орошаемые земли в Акмолинской области составляют около 30,5 тыс. га. Главной чертой климата рассматриваемого бассейна является его резкая континентальность, проявляющая-

яся в большой амплитуде колебаний температуры воздуха, сухости воздуха и незначительном количестве атмосферных осадков. Средняя многолетняя годовая температура воздуха в районе г. Астана равна 1,6 °С. Наиболее холодный месяц – январь. Средняя температура воздуха в январе составляет минус 16...17 °С. Абсолютные минимумы в отдельные годы достигают минус 50...51 °С (январь – февраль). Наиболее теплый месяц – июль, средняя температура которого колеблется от 19 до 21 °С. Абсолютные максимумы температуры достигают 40...43 °С. Устойчивый переход температуры воздуха через 0 °С весной наблюдается обычно во второй декаде апреля, осенью – в третьей декаде октября. Первые заморозки отмечаются в конце первой Иле во второй декаде сентября. Самые ранние из них приходятся на вторую и третью декаду августа, а наиболее поздние – на первую, реже на начало второй декады октября. Последние заморозки наблюдаются в промежуток времени со второй декады апреля до конца июля. В основном они наступают в конце второй, третьей декады мая. Продолжительность безморозного периода колеблется, в среднем, от 105 до 124 суток. Зимние оттепели бывают редко.

Бассейн р. Есиль располагается в зоне недостаточного увлажнения, годовая сумма осадков составляет около 350 мм. В течение года осадки распределяются очень неравномерно. На долю теплого периода года (апрель – октябрь) приходится 70...82 % от всех атмосферных осадков. Максимум обычно наблюдается в июле, минимум – в феврале-марте, но нередко бывает и в первые зимние месяцы (декабрь). Количество осадков сильно изменяется год от года. В самые влажные годы годовая сумма достигает 300 мм, а в засушливые – 130 мм.

Основное накопление снега происходит до января – начала февраля. Перед началом весеннего снеготаяния максимальные снеготаяния составляют 60...80 мм, а в многоснежные зимы более 100 мм.

Таяние снежного покрова обычно начинается при отрицательных дневных температур воздуха под воздействием прямой солнечной радиации. Сход устойчивого снежного покрова в среднем заканчивается во второй декаде апреля, сдвигаясь в ранние весны на конец марта, а затяжные – на май.

Основная фаза водного режима р. Есиль и ее притоков – весеннее половодье. Его продолжительность на р. Есиль составляет 75...100 суток, наибольшая – 130 суток, наименьшая – около 30 суток. Обычно весеннее

половодье начинается в конце первой, начале второй декады апреля и заканчивается во второй, третьей декадах мая.

Во время половодья уровень воды на р. Есиль поднимается на 2...3 м. В многоводные годы превышение максимальных весенних уровней над меженными в верховьях Есиля достигает 3 м, ниже г. Астана – от 5 до 9 м.

Бассейн р. Иле (Балхаш-Алакольский водохозяйственный бассейн) расположен на юго-востоке Республики Казахстан и в Синьцзян-Уйгурском автономном районе Китайской Народной Республики (КНР). Площадь водосбора р. Иле до створа плотины Капшагайского водохранилища 113 тыс. км². Около 76 % ее находится в пределах высот 1000...4000 м.

Площадь современного оледенения 1814 км². Более 90 % ее приходится на высоты до 4600 м. Область наибольшего распространения оледенения (1261 км²) – верховья бассейна р. Текес, левой составляющей р. Иле.

Климат Илейской впадины и низкогорных районов бассейна континентальный. Для него характерны большие суточные и годовые колебания температуры воздуха, холодная и малоснежная зима, жаркое и сухое лето. Самым теплым месяцем является июль. В Илейской впадине и предгорьях средняя многолетняя температура июля составляет 23,5...25,5 °С. На высотах 2500...3000 м она равна 7...10 °С. Абсолютный максимум температуры воздуха также изменяется с высотой от 42 °С в предгорьях до 20 °С в зоне ледников. Осадки неравномерно распределяются внутри года. Большая их часть, особенно в среднегорной зоне (70...75 %) и межгорных котловинах (80...85 %), приходится на теплый период года (апрель – октябрь). Максимальное количество осадков выпадает в мае Иле июне, реже в апреле Иле июле, а минимальное в сентябре, в низкогорных районах в августе. Наибольшая годовая сумма осадков наблюдается в высокогорных частях бассейнов рек Киши и Улькен Алматы, а также в районе горного узла Хан-Тенгри. Здесь она достигает 1000...1300 мм. В то же время в Илейской впадине, вблизи от границы Казахстана с КНР, эта сумма составляет только около 150 мм.

Горные районы являются зоной формирования речного стока, ресурсы которого составляют 29,09 км³/год, из них 12,95 км³/год приходится на казахстанскую часть бассейна р. Иле и 16,14 км³/год на сопредельную территорию КНР. Густота речной сети в большинстве высотных зон 0,2...0,3 км/км². Особенно хорошо она развита на склонах гор, обрамляющих бассейн с юга.

Река Иле образуется от слияния рек Текес и Кунгес, берущих начало с ледников Центрального Тянь-Шаня. Ее основными притоками в пределах Казахстана являются Шарын, Шилек, Коргас и Усек, на китайской территории – р. Каш.

В высокогорной зоне, у языков ледников и в приморенных понижениях, много озер. Размеры их небольшие. Некоторые озера (например, Большое Алматинское) образовались в результате тектонических провалов и естественного подпруживания водотоков. В предгорной зоне имеются пруды. Самым крупным искусственным водоемом является Капшагайское водохранилище.

Бассейн реки Каратал (Балхаш-Алакольский водохозяйственный бассейн) расположен на территории Алмаатинской области и состоит из ряда горных массивов и разделяющих их впадин. Наиболее глубокая из межгорных впадин, по которой протекает река Коксу, разделяет Джунгарский Алатау на Северный и Южный центральные хребты. В верховьях рек Коксу, в районе 80° в.д., обе части массива соединяются в единый горный узел – горы Конгоробо, образуя главный водораздел рек Джунгарского Алатау.

Характерной чертой рельефа является наличие плато – выровненных полого-волнистых форм. В высокогорных районах плато по долинам рек широкими лопастями вдаются в пределы скалистого альпийского рельефа. Периферийные части выровненных поверхностей часто расчленены глубокими эрозионными врезами.

Большинство ледников сосредоточено в бассейнах рек Коксу (136,5 км²) и Карой (71 км²). В верховьях Чиже имеются снежно-ледниковые образования (около 10 км²). Площадь активной зоны ледников связана с положением снеговой и фирновой линии. Снеговая линия (климатическая) изменяется в зависимости от экспозиции склонов, увлажненности и термического режима. В связи с этим, ее высота непостоянна как по территории, так и во времени. В наиболее теплые годы снеговая линия может быть намного выше фирновой.

Река Каратал образуется в результате слияния рек Кара, Чиже и Текели, берущих начало в центральных массивах Джунгарского Алатау на высоте 3500...4000 м. Бассейн реки Каратал до с. Каратальское расположен в диапазоне высоты 1000...3800 м. Площадь бассейна составляет 1160 км², причем 216,4 км² занято ледниками, средняя высота бассейна

равна 2400 м. Около 90 % площади расположено в диапазоне высот 1400...3400 м.

Густота речной сети в бассейне реки Каратал до с. Каратальское изменяется от 0,28 до 0,59 км/км², в среднем составляет 0,43 км/км². Уклоны склонов варьируют в пределах 111...296 ‰. Наибольшие уклоны в основном имеют склоны северной и восточной экспозиций. Средние значения уклонов для этих экспозиций соответственно равны 205 и 201 ‰. В то же время средний уклон склонов южной экспозиции – 179 ‰, а в западной – 143 ‰.

Около 83 % годового стока формируется в вегетационный период. Половодье на р. Каратал обычно начинается в первой декаде апреля. Максимум приходится на май – июль, когда происходит таяние сезонных запасов снега. Ход половодья связан с продвижением фронта снеготаяния по высотным зонам. В низкогорной и среднегорной зонах он определяется таянием сезонных снегов, в результате которого формируется первая волна половодья (апрель – июнь). В июле в процесс снеготаяния включается высокогорная зона. В это время основное питание река получает за счет таяния ледников и вечных снегов. При этом образуется вторая волна половодья (июль – август). В середине сентября начинается меженный период. Минимум стока наблюдается в феврале. Река Коксу является основным левым притоком реки Каратал. Свое название она получает после слияния двух примерно равных по водности рек Каракасык и Казан. Истоки ее находятся среди ледников.

Площадь водосбора реки Коксу до с. Коксу составляет 1590 км², средняя высота бассейна – 2760 м. Пост расположен в 500 м к северо-востоку от селения с. Коксу. Почти вся площадь водосбора р. Коксу до с. Коксу расположена выше 1200 м. Около 70 % площади приходится на высоты более 2500 м.

Средняя густота речной сети равна 0,94 км/км², наиболее развита речная сеть (более 1,0 км/км²) в диапазоне высот 1600...2600 м. Уклоны склонов по высотным зонам изменяются в широких пределах.

Ледники в бассейне реки Коксу встречаются на высотах более 3000 м, общая площадь оледенения составляет 140,3 км². По водному режиму р. Коксу сходна с р. Каратал.

Бассейн реки Арыс (Арало-Сырдарьинский водохозяйственный бассейн) расположен, в основном, на территории Южно-Казахстанской и Кызылординской областей. Река Арыс берет начало в уроч. Шокпак, пред-

ставляющем собой седловину между хребтами Таласский Алатау и Каратау. Исток реки образуется от слияния родников в 7 км выше с. Веселое. Площадь водосбора реки (14900 км²), длина (378 км). Для р. Арыс характерно общее западное направление течения, которое не изменяется на всем ее протяжении. Ее бассейн имеет языкообразную форму, уменьшаясь по ширине к устью реки. Южный водораздел проходит по Таласскому и Угамскому хребтам и горам Казыкурт. На севере линия водораздела пересекает в широтном направлении пустынно-степную зону, отделяя бассейн р. Боген. На северо-востоке и востоке бассейн р. Арыс граничит с бассейном р. Асса. Водоразделом служит хр. Каратау. На юго-западе и западе граница водораздела пролегает в начале по отрогам гор, а затем по полупустынной зоне правобережья р. Сырдарья.

Река Арыс протекает в трех основных ландшафтных зонах: горной – от истоков до устья р. Кок-Булак; предгорной – между устьями рек Кок-Булак и Бадам; равнинной – ниже устья р. Бадам. В горной зоне р. Арыс принимает значительное количество притоков. Это, главным образом, небольшие реки и ручьи родникового питания, стекающие с северных склонов Таласского хребта и гор Казыкурт. Наиболее крупный правый приток – р. Кок-Булак. В горных районах бассейна р. Арыс значительные площади искусственно орошаются водами реки и ее притоков.

Площадь водосбора реки Арыс до ж.-д. ст. Арыс составляет 13000 км², бассейн расположен в диапазоне высот 200...4200 м. Средняя высота бассейна равна 900 м. Около 85 % площади водосбора находится в диапазоне высот 200...1500 м.

Река Шаян впадает в р. Боген с правого берега на 117-ом км от устья. Основные ее правобережные притоки – Майбулак и Шаян-Курусай. Слева река принимает приток Акбет. Долина реки трапецеидальная. Ширина поймы изменяется от 300 до 500 м. Пойма заливается только в многоводные годы. Русло реки умеренно извилистое. Площадь водосбора до уроч. Майбулак составляет 485 км². Средняя высота 770 м. Бассейн расположен ниже 1200 м.

Оценка уязвимости водных ресурсов

Для оценки влияния потенциального антропогенного изменения климата на водные ресурсы Казахстана выполнены следующие виды работ:

- 1) проведена подготовка исходных данных, необходимых для использования в модели формирования стока, разработанной в КазНИГМИ;
- 2) определены параметры модели;

3) произведены численные эксперименты на модели для исследуемых бассейнов;

4) получена оценка уязвимости водных ресурсов в бассейне рек Обы, Ульби, Тобол, Есиль, Иле, Каратал, Коксу, Арыс и Шаян по заданным сценариям изменения климата.

Подготовка исходных данных включала сбор, анализ и занесение на носители информации о среднесуточных температурах воздуха, суточных суммах осадков, влажности, промерзания и оттаивания почвогрунтов на метеорологических станциях, расположенных в пределах и вблизи исследуемых бассейнов, а также о стоке в замыкающих створах рек.

Полученные данные позволяют считать, что в бассейне реки Тобол относительные изменения стока, обусловленные водохозяйственной деятельностью на современном этапе достаточно существенны, что вызывает дополнительные трудности при проведении оценки влияния потенциального изменения климата на водные ресурсы.

Определение параметров модели производилось на основе упомянутых выше гидрометеорологических данных. Привлекались также материалы наблюдений Лениногорской воднобалансовой станции. По крупномасштабным картам получены гидрографические и гипсометрические характеристики бассейнов рек.

Численные эксперименты на модели производились с целью проверки точности результатов расчетов. Для этого рассчитанные с помощью модели гидрографы стока сопоставлялись с фактическими. В большинстве случаев совпадение рассчитанных и фактических гидрографов оказалось достаточно удовлетворительным. Это видно, в частности, из рис. 2, 3 где приведено сопоставление рассчитанного и фактического гидрографов суммарного стока рек Оба и Ульби (горный бассейн) за 2004 год и реки Тобол (равнинный бассейн) за 2005 год. Встречающиеся в некоторые годы расхождения связаны в основном с пятнистостью выпадения осадков и ограниченностью исходной гидрометеорологической информации. Так, в бассейне Обы и Ульби метеорологические станции расположены лишь в низкогорной зоне и не всегда репрезентативны в отношении осадков в других высотных зонах. Однако это обстоятельство, существенно отражающееся иногда на суточных расходах воды, оказывает все меньшее влияние на точность расчетов с увеличением расчетного интервала времени. В целом результаты численных экспериментов позволяют сделать вы-

вод о возможности использования модели формирования стока, разработанной в КазНИГМИ, для оценки водных ресурсов, особенно для горных районов, где влияние на сток хозяйственной деятельности в настоящее время еще относительно невелико.

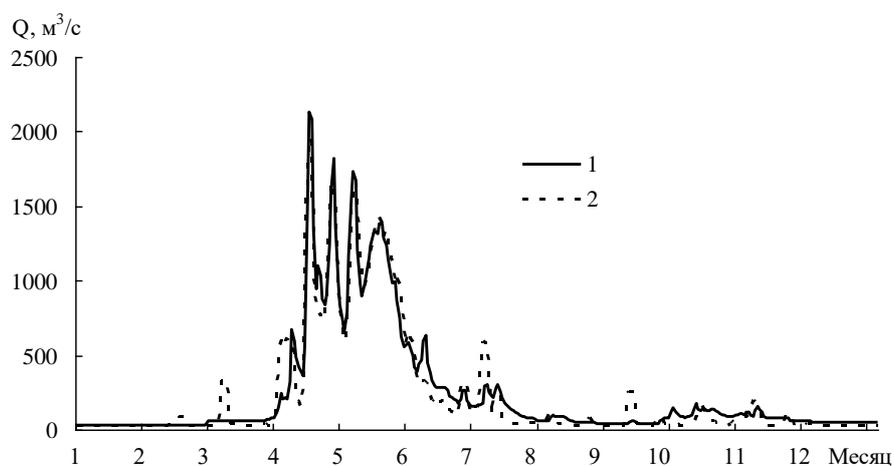


Рис. 2. Сопоставление измеренного и моделированного гидрографа суммарного стока рр. Оба и Ульби (2004 г.). 1 – измеренный гидрограф, 2 – моделированный гидрограф.

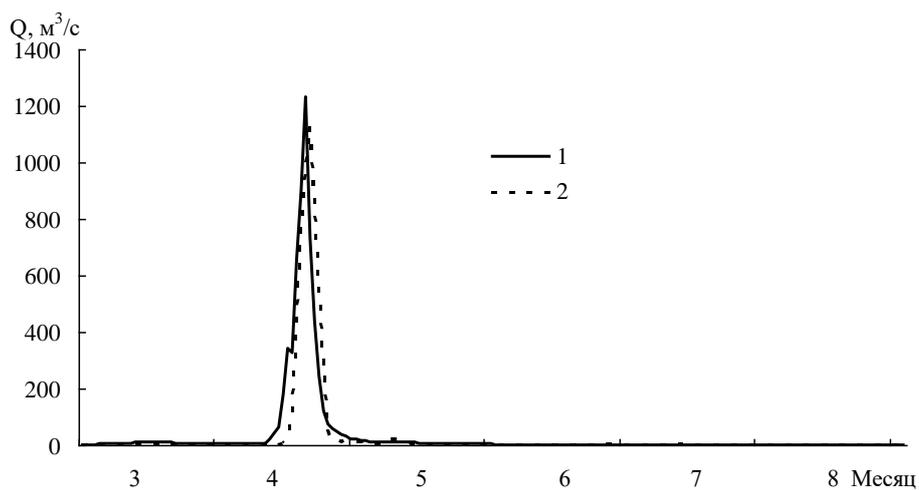


Рис. 3. Сопоставление измеренного и моделированного гидрографа стока р. Тобол (2005 г.). 1 – измеренный гидрограф, 2 – моделированный гидрограф.

В табл. 1 приведен перечень метеостанций по данным, которых проводилось моделирование стока.

Перечень метеорологических станций, используемых при расчетах по модели формирования стока рек

Река	Метеостанция	Высота, м
Ертысский водохозяйственный бассейн		
Оба+Ульби	Лениногорск	809
	Усть-Каменогорск	285
	Шемонаиха	329
Тобол-Тургайский водохозяйственный бассейн		
Тобол	Бреды	310
	Джетыгора	279
Есильский водохозяйственный бассейн		
Есиль	Астана	349
	Аршалы (Вишневка)	426
	Акколь (Алексеевка)	
	Жалтыр	304
Балхаш-Алакольский водохозяйственный бассейн		
Иле	Мынжилки	3017
	Ассы	2216
	Кегень	1845
	Нарынкол	1806
	Подгорное	1273
Каратал	Текели	1722
	Талды-Корган	601
	Кугалы	1410
Коксу	Текели	1722
	Талды-Корган	601
	Кугалы	1410
Арало-Сырдарьинский водохозяйственный бассейн		
Арыс	Тасарык (Блинково)	1122
	Т. Рыскулова (Ванновка)	899
	Шымкент	543
Шаян	Шаян	366

В табл. 2 приведены отклонения ресурсов при антропогенном изменении климата и значений естественных ресурсов в бассейнах рек и на перспективу 30 и 50 лет.

Таблица 2

Сопоставление отклонений годового моделированного стока (сценарии А2 и В2) от его измеренных значений (ΔW , %) и отклонений осадков (ΔX , %) и температуры воздуха (ΔT , °С)

Река	ΔW , %		ΔX , %		ΔT °С	
	А2	В2	А2	В2	А2	В2
Период 30 лет						
Оба+Ульби	16,0	9,88	1,6	4,67	1,29	1,51
Тобол	-10,3	-6,05	1,22	3,24	1,25	1,61
Есиль	-7,02	-6,76	1,35	4,57	1,24	1,52
Иле	14,2	12,3	2,01	4,01	1,19	1,59
Каратал	16,6	9,26	0,02	0,85	1,29	1,59
Коксу	22,5	9,25	0,02	0,85	1,29	1,59
Арыс	0,75	-1,95	2,86	1,85	1,31	1,72
Шаян	4,54	2,50	2,86	1,85	1,31	1,72
Период 50 лет						
Оба+Ульби	5,72	3,17	3,95	18,8	2,47	2,38
Тобол	-4,38	-8,48	2,99	4,87	2,41	2,51
Есиль	-7,82	-7,96	3,79	6,88	2,41	2,40
Арыс	1,29	-7,25	3,14	2,11	2,48	2,64
Шаян	12,7	-19,5	3,14	2,11	2,48	2,64

Данные табл. 2 показывают, что если изменения климата на перспективу 30 лет будут происходить в соответствии со сценарием А2, то водные ресурсы в горных бассейнах Казахстана увеличатся, в среднем от 0,75 %... 4,54 % в бассейнах рек Арыс и Шаян до 14,0...22,5 % в бассейнах рек Иле, Оба, Ульби, Каратал и Коксу. В равнинных же бассейнах рек Есиль и Тобол они уменьшатся соответственно на 7,02 % и 10,3 %. Как видно сценарий В2 более «жесткий». Согласно этому сценарию увеличение стока в горных районах будет меньше и будет изменяться в пределах от 2,5 % в бассейне р. Шаян до 12,3 % – 9,25 % в бассейнах рек Иле, Оба, Ульби, Каратал и Коксу. В бассейне р. Арыс он также уменьшится, но на незначительную величину – 1,95 %. Следует отметить, что сценарий В2 более «жесткий» для горных районов, а для равнинных бассейнов он более «мягкий». Так в бассейнах рек Есиль и Тобол уменьшение ресурсов будет составлять, соответственно, 6,05 % и 6,76 %.

Следует отметить, что во всех вариантах и сценариях осадки и температуры увеличиваются. В горных районах за счет увеличения зимних осадков (особенно в основных стокообразующих зонах бассейнов) увеличиваются значения снегозапасов, что приводит в условиях повышения температуры воздуха

к увеличению стока в весенний период. Увеличение температуры воздуха не так существенно, чтобы привести к значительному более раннему оттаиванию почвогрунтов и как следствие к увеличению потерь стока в период весеннего половодья. В равнинных бассейнах картина иная. Повышенные осадки меньше влияют на величину стока в силу больших его потерь на водосборе. В равнинных бассейнах более четко прослеживается зависимость от температуры воздуха. В условиях ее повышения наблюдается уменьшение глубины осеннего промерзания и как следствие этого увеличение потерь стока на инфильтрацию.

Данные табл. 2 также показывают, что если изменения климата на перспективу 50 лет будут происходить в соответствии со сценарием А2, то водные ресурсы в горных бассейнах Казахстана увеличатся, в среднем от 1,29 % – 12,7 % в бассейнах рек Арыс и Шаян до 5,72 % в бассейнах рек Оба, Ульби. В равнинных же бассейнах рек Есиль и Тобол они уменьшатся соответственно на 7,82 % и 4,38 %. Как видно из таблицы сценарий В2 более «жесткий». Согласно этому сценарию увеличения стока в горных районах не будет, он уменьшится в пределах от 7,25 % до 19,5 % в бассейне рек Арыс и Шаян и только в бассейнах рек Оба, Ульби сток незначительно увеличится на 3,17 %. Следует отметить, что сценарий В2 на перспективу до 50 лет более «жесткий» и для равнинных бассейнов так в бассейнах рек Есиль и Тобол уменьшение ресурсов будет составлять, соответственно – 7,96 % и 8,48 %.

В разные по водности годы результаты оценки уязвимости водных ресурсов оказались следующими. По сценариям изменения климата А2 и В2, независимо от водности года изменение водных ресурсов имеет ту же тенденцию, что и в среднем за весь многолетний период.

На рис. 4 и 5, в качестве примера, приведены графики внутригодового хода измеренных и моделированных (сценарии А2 и В2) величин стока рек рр. Оба и Ульби.

По мнению климатологов РГП «Казгидромет», для условий Казахстана в определенной мере следует ориентироваться на оба сценария изменения климата. Поэтому, вероятно, можно полагать, что под влиянием антропогенного изменения климата произойдет небольшое увеличение водных ресурсов горных районов и их уменьшение в равнинных районах Казахстана.

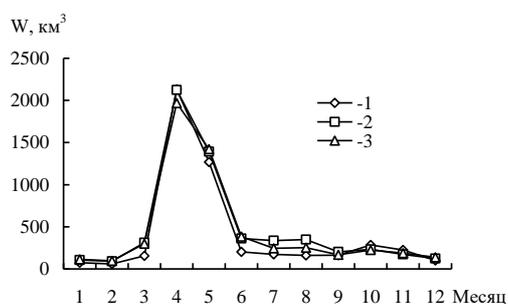


Рис. 4. График сопоставления внутригодового хода среднееголетних измеренных и моделированных величин суммарного стока рр. Оба и Ульби (период – 30 лет). 1 – измеренный сток; 2 – моделированный сток по сценарию А2; 3 – моделированный сток по сценарию В2.

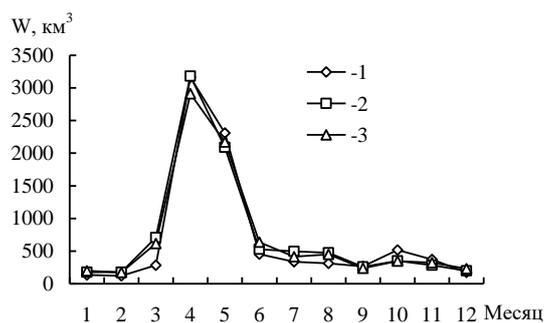


Рис. 5. График сопоставления внутригодового хода среднееголетних измеренных и моделированных величин суммарного стока р.р. Оба и Ульби (период – 50 лет). 1 – измеренный сток, 2 – моделированный сток по сценарию А2, 3 – моделированный сток по сценарию В2.

Выводы

- Если антропогенные изменения климата вследствие выделения в земную атмосферу парниковых газов на перспективу 30 лет будут происходить в соответствии со сценарием А2, то водные ресурсы в горных бассейнах Казахстана увеличатся, в среднем от 1...5 % до 14...22 %. В равнинных же бассейнах рек они уменьшатся соответственно на 7...10 %.
- Согласно сценарию В2 на перспективу до 30 лет увеличение стока в горных районах будет меньше и будет изменяться в пределах от 2 % до 9 ...12 %. В бассейне р. Арысь он также уменьшится, но на незначительную величину около 2 %. Сценарий В2 более «жесткий» для горных районов, а для равнинных бассейнов он более

«мягкий», так в бассейнах равнинных рек уменьшение ресурсов будет составлять 6...7 %.

- Если изменения климата на перспективу 50 лет будут происходить в соответствии со сценарием А2, то водные ресурсы в горных бассейнах Казахстана увеличатся, в среднем от 1 % до 12 %. В равнинных же бассейнах рек уменьшатся на 4...8 %.
- На перспективу до 50 лет сценарий В2 более «жесткий». Согласно этому сценарию увеличения стока в горных районах не будет, он уменьшится в пределах от 7 % до 20 % и только в бассейнах рек Оба, Ульби сток незначительно увеличится на 3 %. Сценарий В2 более «жесткий» и для равнинных бассейнов так в этих бассейнах уменьшение ресурсов будет изменяться от 8 % до 9 %.
- В разные по водности годы результаты оценки уязвимости водных ресурсов показывают, что независимо от водности года изменение водных ресурсов имеет ту же тенденцию, что и в среднем за весь многолетний период.
- Во всех вариантах и сценариях осадки и температуры увеличиваются. В горных районах за счет увеличения зимних осадков (особенно в основных стокообразующих зонах бассейнов) увеличиваются значения снеготпасов, что приводит в условиях повышения температуры воздуха к увеличению стока в весенний период. Увеличение температуры воздуха не так существенно, чтобы привести к значительному более раннему оттаиванию почвогрунтов и как следствие к увеличению потерь стока в период весеннего половодья. В равнинных бассейнах картина иная. Повышенные осадки меньше влияют на величину стока в силу больших его потерь на водосборе. В равнинных бассейнах более четко прослеживается зависимость от температуры воздуха. В условиях ее повышения наблюдается уменьшение глубины осеннего промерзания и как следствие этого увеличение потерь стока на инфильтрацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М. Модель поступления воды на поверхность горного бассейна и некоторые результаты ее проверки на бассейнах рек Западного Тянь-Шаня // Тр. САНИГМИ. – 1970. – Вып. 52 (67). – С. 3-20.

2. Важнов А.Н. Анализ и прогноз стока рек Кавказа. – М.: Гидрометеоздат, 1966. – 274 с.
3. Виноградов Ю.Б. Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Южного Казахстана. // Тр. КазНИГМИ. – 1967. – Вып. 28. – 262 с.
4. Голубцов В.В. О построении математической модели формирования стока в горном бассейне. // Тр. КазНИГМИ. – 1975. – Вып. 48. – С. 3-25.
5. Голубцов В.В., Ли В.И., Строева Т.П. Математическое моделирование процессов формирования стока горных рек в условиях ограниченной информации. / Труды V Всесоюзного гидрологического съезда. – 1989. – Т.6. – С. 374-382.
6. Комаров В.Д. Весенний сток равнинных рек Европейской части СССР, условия его формирования и методы прогноза. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – 295 с.
7. Попов Е.Г. Вопросы теории и практики прогнозов речного стока. – М.: Гидрометеоздат, 1963. – 395 с.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

ҚАЗАҚСТАННЫҢ АНТРОПОГЕНДІК ӨЗГЕРІС КЛИМАТЫ КЕЗІНДЕ СУ РЕСУРСТАРЫНЫҢ СЕЗІМТАЛДЫҒЫН БАҒАЛАУ

Техн. ғылымд. канд. В.И. Ли
Геогр. ғылымд. канд. В.П. Попова

Қазақстанның антропогендік өзгеріс климаты кезінде су ресурстарын тексеру нәтижесі көрсетілген. Зерттеу әдісіне сүйенген. 20 ғасырдың екінші жартысында 21 ғасыр басында пайда болған өзгерісі табиғи ағындының климат әсерінен еместігі анықталады. Екінші жартысында қарастырылып отырылған кезеңінен ағынды 8-10 %-ға дейін бірнеше жоғары болып қалды, негізінен қосымша еріген сулары есебі үшін, таулы мұздану дағдарысы нәтижесінде пайда болған, бұл тек Балқаш көлі алабының өзендерінде ғана құралады.

УДК 556.164.048

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СТОКОМ МАЛЫХ РЕК
ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ БАССЕЙНОВ**

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов
Б.Б. Айтымова
А.А. Белгожаева

В статье рассматривается использование стока малых рек для оценки ресурсов поверхностных вод. Для этого используются закономерности изменения стока рек в зависимости от площади их водосбора.

Использование стока малых рек для оценки водных ресурсов связано со значительными трудностями, обусловленными отличиями геологического строения и состава почво-грунтов их водосборов от их зональных значений, а также наличие редукции стока по площади [1, 4]. Оценка водных ресурсов по данным наблюдений за стоком малых рек возможна, если геологическое строение и состав почво-грунтов не сильно отличаются от фоновых зональных значений. При значительных отличиях указанных характеристик от зональных значений следует вначале производить обобщение (систематизацию) редукции стока по площади для различных характеристик геологического строения и состава почво-грунтов бассейнов рек и временных водотоков [4].

В настоящее время для оценки водных ресурсов обычно используются нормы годового стока средних рек, с площадью водосбора $F \geq 3000$ км², отражающие зональные изменения его значений.

В пределах Западного, Северного и Центрального Казахстана, а также Северного Прибалхашья (1) сток малых рек, как правило, выше стока средних рек с площадью водосбора $F \geq 3000$ км². Изменение стока малых рек в зависимости от площади их водосборов в этих регионах характеризуется следующей зависимостью [1]:

$$M_F = (F + 1)^{0,125 \ln M_{F \geq 3000}}, \quad (1)$$

где M_F – модуль стока рек с площадью водосбора $F \leq 3000$ км²; $M_{F \geq 3000}$ – модуль стока рек, с площадью водосбора $F \geq 3000$ км².

Из этой зависимости можно вывести уравнение для определения модуля стока средних рек с площадью водосбора $F \geq 3000$ км²:

$$M_{F \geq 3000} = M_F \frac{8,0}{\ln(F+1)}. \quad (2)$$

Для оценки модуля зонального стока используются малые реки, характеризующиеся модулем стока, не превышающим 1 л/с с 1 км². Результаты оценки модуля зонального стока, с помощью выражения (2), ниже 0,05 л/с с 1 км², как правило, не используются, так как на их величину значительное влияние оказывают азональные факторы - отличие характеристик почво-грунтов их водосборов от зональных значений.

Малые водотоки, водосборы которых имеют характеристики почво-грунтов, близкие к зональным значениям и модули стока $M_F \geq 1$ л/с с 1 км², также могут использоваться для оценки модуля зонального стока. В этом случае модули зонального стока принимаются равными модулям стока малых рек и временных водотоков.

Используя полученный с помощью уравнения (2) модуль стока средних рек с площадью водосбора $F \geq 3000$ км², можно определить вклад этого водотока в формирование стока средних рек

$$W_{F \geq 3000} = 31,56 M_{F \geq 3000} F \leq 3000 \cdot 10^{-1}, \quad (3)$$

где $W_{F \geq 3000}$ – вклад малого водотока в сток средних рек или водные ресурсы рассматриваемого водохозяйственного бассейна, 10⁶ млн. м³.

Зависимость (2) может быть использована для приведения нормы стока малых рек с $F \leq 3000$ км² к модулю среднего годового стока средних рек с $F \geq 3000$ км². Следует иметь в виду, что модуль стока средних рек в пределах рассматриваемых регионов не превышает 1 л/с с км². Как отмечалось выше, в случае превышения этой величины модуль стока средних рек принимается равным модулю стока малых рек. В таблице приведены данные о стоке малых рек Есильского [2] и Тобол-Торгайского [3] водохозяйственных бассейнов и результаты их использования для оценки водных ресурсов.

Таблица

Определение нормы зонального стока рек ($F \geq 3000$ км²) по данным о стоке малых водотоков

Река – Пункт	F, км ²	M _F , л/(с·км ²)	M _{F≥3000} , л/(с·км ²)	W, 10 ⁶ млн. км ²
Тузды – уроч. «Красная сопочка»	514	0,53	0,44	7,14
Карамыс – с. Карамыс	232	1,20	1,20	8,79

Река – Пункт	F, км ²	M _F , л/(с·км ²)	M _{F≥3000} , л/(с·км ²)	W, 10 ⁶ млн. км ²
Чили – с. Федосеевка	191	0,47	0,32	1,93
Кундузды – ст. Кайбагар	113	0,88	0,81	2,89
Сай-Бухарбай – с. Алешинка	106	0,15	0,04	0,13
Тойсай – с. Новопокровка	82	0,83	0,71	1,84
Байкожа – Тургайская ГРЭС	207	1,5	1,5	9,80

Полученные значения модуля стока $M_{F \geq 3000}$ и объем воды W могут быть использованы не только для оценки водных ресурсов, но и для других целей, в частности, при составлении карт зонального стока и определении элементов водного баланса речных бассейнов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубцов В.В. Определение нормы годового стока малых рек и временных водотоков засушливой зоны Казахстана. // Гидрометеорология и экология. – 2007. – №1. – С. 65-74.
2. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель, Акмолинская область. Вып. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1958. – 786 с.
3. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель, Кустанайская область. Вып. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 711 с.
4. Ресурсы поверхностных вод ССР, Центральный и Южный Казахстан, Карагандинская область. Том 13, вып. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 481 с.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

СУ ШАРУАШЫЛЫҚ АЛҚАПТАРДЫҢ СУ РЕСУРСТАРЫН БАҒАЛАУ ҮШІН КІШІ ӨЗЕНДЕР АҒЫННЫҢ БАҚЫЛАУЛАРЫН ҚОЛДАНУ

Геогр. ғылымд. канд. В.В. Голубцов
Б.Б. Айтымова
А.А. Белгожаева

Бұл мақалда су беті ресурстарын бағалау үшін, кіші өзендер ағының қолдануы қарастырылды. Бұл үшін су жинау алқабының ауданына байланысты өзен ағынның өзгеру заңдылығы қолданылады.

УДК 556.165

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ГОДОВОЙ СТОК ОСНОВНЫХ РЕК КАЗАХСТАНА В 20 И НАЧАЛЕ 21 ВЕКОВ

Канд. техн. наук

В.И. Ли

Канд. геогр. наук

В.П. Попова

Приведены результаты исследований колебаний естественного речного стока в бассейнах 30 рек различных водохозяйственных бассейнов. Выявлено, что во второй половине 20 – начале 21 веков существенных изменений естественного стока под влиянием климата не произошло. Исключение составляют только реки бассейна озера Балхаш, где сток за вторую половину рассматриваемого периода оказался несколько выше до 8...10 %, в основном за счет дополнительного поступления талых вод, образовавшихся в результате деградации горного оледенения.

Исследования климатологов показали, что наиболее существенное повышение температуры воздуха в пределах территории Республики Казахстан произошло во второй половине 20-го века и продолжается в настоящее время. Атмосферные осадки за это время распределяются по территории республики довольно неравномерно. В этих условиях для оценки влияния на речной сток изменения климата целесообразно использовать многолетние ряды его колебаний, по данным наблюдений, в основном, с начала 30-х годов прошлого века. Определение нормы годового стока рек в периоды до 60-х годов прошлого века и позже до 2005 г. производилось с учетом его циклических колебаний. Для указанной цели обычно выбираются периоды, включающие не менее двух замкнутых циклов колебаний речного стока [1].

Для оценки влияния на водные ресурсы антропогенных изменений климата проведены исследования колебаний естественного речного стока в бассейнах 30 рек различных водохозяйственных бассейнов по 41 гидрологическому посту. С помощью разностно-интегральных кривых производилась оценка нормы стока при использовании данных первой половины – начала второй половины 20 века и второй половины 20 века – начала 21 века. Этот анализ проводился с учетом циклических колебаний речного стока. Для оценки нормы годового стока выбирались периоды, состоящие,

как правило, из не менее двух замкнутых циклов изменения водности, это маловодные и многоводные фазы различной длительности. Длительность периодов обычно составляла 40...45 лет, максимальная – 64 года для р. Арысь, минимальная – 29 лет для р. Каракенгир.

На рис. 1 (а, б) приведены разностные интегральные кривые годового стока основных рек, которые достаточно равномерно распределены по территории республики и охватывают 8 водохозяйственных бассейнов.

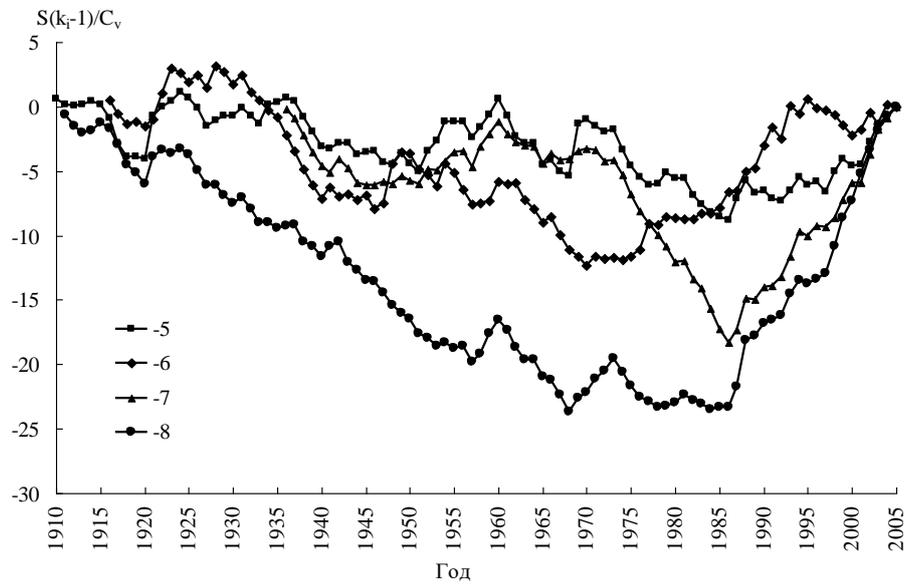
На графике: $\sum (k_i - 1) / C_v$ – текущие ординаты разностной интегральной кривой, k_i – модульный коэффициент, C_v – коэффициент вариации. Эти кривые показывают, что в колебаниях годового стока наблюдаются циклы различной продолжительности. На фоне многолетних колебаний стока наблюдаются малые циклы (фазы) повышенной и пониженной водности.

В таблице представлены результаты оценки нормы годового стока основных рек всех водохозяйственных бассейнов Казахстана для различных периодов. В графе 3 приведены среднемноголетние значения годового стока (Q_{cp}) за весь имеющийся ряд наблюдений, за более ранний и более поздний периоды (Q_{cp1} и Q_{cp2}). Также модульные коэффициенты годового стока, определенные за указанные периоды.

При расчете нормы годового стока р. Иле использован период наблюдений с 1911 по 2005 гг., охватывающий полный цикл колебаний годового стока, внутри которого присутствуют небольшие циклы изменения водности. Для оценки нормы годового стока в различные периоды ряд наблюдений разбит на два: первый – с 1911 г. по 1960 г., и второй – с 1961 г. по 2005 г. В первом периоде особенно выделилась маловодная фаза одного из циклов, которая длилась 11 лет, с 1943 г. по 1953 г. Во втором периоде можно выделить две многоводные фазы, которые наблюдались с 1987 г. по 1994 г., и с 1998 по 2005 гг. По-видимому, последний цикл рассматриваемого ряда наблюдений еще не завершен. Норма годового стока р. Каратал рассчитана для периодов с 1930 по 1960 гг. и с 1961 по 2005 гг. В первом периоде наблюдалась серия маловодных лет с 1932 по 1945 гг., которая прерывалась средними по водности 1933 и 1942 гг. и многоводным – 1941 г. Заканчивался этот период тремя многоводными годами. Во втором периоде наиболее значимая фаза многоводная, которая наступила в 1987 г. и продолжалась по 2003 г. включительно. Внутри фазы наблюдались средние по водности годы – 1988, 1997 и 2000.



а



б

Рис. 1. Разностные интегральные кривые естественного стока основных рек Казахстана. 1 – р. Ертис – с. Буран; 2 – р. Тобол – с. Грищенко; 3 – р. Урал – с. Кушум; р. Есиль – г. Астана; 5 – р. Сырдарья – выше устья р. Келес; 6 – р. Нура – с. Сергиопольское; 7 – р. Талас – с. Покровка; 8 – р. Иле – в 164 км выше Капчагайской ГЭС.

Сопоставление среднего многолетнего стока, определенного в первой половине – начале второй половины 20 века (первый период) и во второй половине 20 века – начале 21 века (второй период) для различных водохозяйственных бассейнов (ВХБ) Казахстана

Река – Пункт	Период наблюдений		Первый период			Второй период		
	Год	$Q_{ср},$ м ³ /с	Год	$Q_{ср1},$ м ³ /с	$k = \frac{Q_{ср1}}{Q_{ср}}$	Год	$Q_{ср2},$ м ³ /с	$k = \frac{Q_{ср2}}{Q_{ср}}$
Балхаш-Алакольский ВХБ								
Иле – в 164 км выше Капшагайской ГЭС	1911...2005	465	1911...1960	432	0,92	1961...2005	501	1,08
Иле – уроч. Капшагай	1911...2005	511	1911...1960	476	0,92	1961...2005	549	1,08
Шарын – уроч. Сарытогай	1930...2005	37,7	1930...1973	36,8	0,98	1974...2005	38,9	1,03
Каратал – с. Каратальское	1930...2005	27,8	1930...1960	24,9	0,90	1961...2005	29,8	1,07
Лепси – г. Лепсинск	1930...2005	19,9	1930...1973	19,6	0,99	1974...2005	20,2	1,02
Тентек – с. Тункуруз	1930...2005	50,3	1930...1973	48,3	0,96	1974...2005	52,8	1,06
Ертисский ВХБ								
Ертис – с. Буран	1903...2005	310	1903...1961	315	1,02	1962...2005	304	0,98
Ертис – ГЭС Усть-Каменогорская	1903...2005	624	1903...1961	632	1,01	1962...2005	614	0,98
Ертис – с. Шульба	1903...2005	914	1903...1961	915	1,00	1962...2005	913	1,00
Ертис – с. Семиярское	1903...2005	929	1903...1961	935	1,01	1962...2005	921	0,99
Кальджир – с. Черняевка	1911...2005	22,7	1911...1961	22,9	1,01	1962...2005	22,4	0,99
Арало-Сырдарьинский ВХБ								
Сырдарья – г. Бекабад	1910...2005	557	1910...1960	564	1,01	1961...2005	549	0,99
Сырдарья – выше устья р. Келес	1910...2005	721	1910...1960	723	1,00	1961...2005	718	1,00
Сырдарья – НБ Шардаринского вдхр.	1910...2005	734	1910...1960	734	1,00	1961...2005	735	1,00
Сырдарья – ж.-д. ст. Тюмень-Арык	1910...2005	691	1910...1960	691	1,00	1961...2005	690	1,00
Сырдарья – г. Казалинск	1910...2005	501	1910...1960	497	0,99	1961...2005	506	1,01
Арыс – ж.-д. ст. Арыс	1910...2005	47,7	1910...1973	46,9	0,98	1974...2005	49,1	1,03
Аксу – с. Подгорное	1927...2005	10,0	1927...1960	9,64	0,96	1961...2005	10,3	1,03
Шаян – в 3,3 км ниже устья р. Акбет	1948...2005	2,23	1948...1957	2,35	1,06	1958...2005	2,20	0,99
Бугуень – с. Красный Мост	1935...2005	3,86	1935...1957	3,73	0,97	1958...2005	3,93	1,02
Тобол-Торгайский ВХБ								
Тобол – с. Гришенка	1931...2005	7,48	1931...1969	7,20	0,96	1970...2005	7,79	1,04
Тобол – г. Костанай	1931...2005	16,6	1931...1968	16,0	0,96	1969...2005	17	1,04
Аят – с. Варваринка	1931...2005	6,10	1931...1968	6,05	0,99	1969...2005	6,2	1,01
Тогузак – ст. Тогузак	1931...2005	2,83	1931...1968	3,13	1,11	1969...2005	2,5	0,89
Кара-Тургай – с. Урпек	1931...2005	11,2	1931...1959	11,2	1,00	1960...2005	11	1,00
Иргиз – с. Шенбертал	1928...2005	7,31	1928...1964	7,63	1,04	1965...2005	7	0,96
Нура-Сарысуйский ВХБ								
Нура – с. Сергиопольское	1916...2005	7,47	1916...1960	6,82	0,91	1961...2005	8,11	1,09
Нура – с. Романовское	1916...2005	20,6	1916...1961	20,0	0,97	1962...2005	21,2	1,03

Река – Пункт	Период наблюдений		Первый период			Второй период		
	Год	$Q_{ср},$ м ³ /с	Год	$Q_{ср1},$ м ³ /с	$k = \frac{Q_{ср1}}{Q_{ср}}$	Год	$Q_{ср2},$ м ³ /с	$k = \frac{Q_{ср2}}{Q_{ср}}$
Шерубайнура – раз. Кара-Мурун	1916...2005	5,23	1916...1957	5,41	1,03	1958...2005	5,08	0,97
Каракенгир – 12 км выше устья	1931...2005	4,14	1931...1959	3,69	0,89	1960...2005	4,42	1,07
р. Жиланды	1931...2005	3,03	1931...1973	2,95	0,98	1974...2005	3,13	1,03
Сарысу – раз. № 189	Урало-Каспийский ВХБ							
Урал – с. Кушум	1921...2005	353	1921...1957	327	0,93	1958...2005	374	1,06
Илек – г. Актобе	1932...2005	17,2	1932...1956	16,9	0,99	1957...2005	17,3	1,01
Эмба – с. Жаркомыс	1932...2005	16,0	1932...1949	15,2	0,95	1950...2005	16,3	1,02
Есильский ВХБ								
Есиль – г. Астана	1933...2005	6,53	1933...1962	6,39	0,98	1963...2005	6,63	1,02
Шу-Таласский ВХБ								
Шу – с. Ташуткуль	1926...2005	72,8	1926...1960	72,3	0,99	1961...2005	73,2	1,01
Талас – с. Покровка	1936...2005	28,5	1936...1960	28,1	0,99	1961...2005	28,7	1,01

Для р. Шарын рассматривался первый период с 1930 по 1973 г. и второй – с 1974 г. по 2005 г. В первом периоде наблюдалась маловодная фаза продолжительностью 9 лет с 1944 г. по 1951 г., также имелись группировки лет различной водности по 2...3 года. Во второй половине существенно выделялась маловодная фаза длительностью 7 лет, с 1974 по 1980 гг. и многоводная – с 2000 г. по 2005 г. (6 лет), которая, скорее всего, еще не завершена.

По р. Тентек для оценки водности были выбраны периоды с 1930 по 1973 гг. и с 1974 по 2005 гг. В раннем периоде особенно выделяется маловодная фаза 1930...1940 гг., после которой наблюдалось два многоводных года и вновь наступила маловодная – продолжительностью 3 года (1943...1945 гг.). Во втором периоде следует отметить также маловодные фазы 1974...1978 гг. и 1982...1986 гг. и многоводные периоды продолжительностью 2...3 года 1986...1987 гг., 1992...1994 гг. и 2003...2005 гг. Последний из них, вероятно, еще не завершен.

Для р. Лепси, при оценке нормы годового стока, использованы аналогичные рекам Шарын и Тентек периоды, первый с 1930 по 1973 гг. и второй с 1974 по 2005 г. Для данной реки также можно выделить маловодную фазу с 1932 по 1940 гг., после которой наблюдалась два многоводных года и вновь – маловодная фаза продолжительностью 3 года. В первом периоде ярко выражена серия многоводных лет продолжительностью в 5 лет с 1968 по 1973 гг. Во втором периоде наблюдались группировки различной водности в 2...4 года, ярко выраженных серий нет.

Приведенные оценки нормы годового стока рек Балхаш-Алакольского бассейна отличаются друг от друга. Это указывает на то, что наблюдающееся во второй половине 20-го – начале 21-го века довольно значительное повышение годовой температуры воздуха еще оказывают существенное влияние на сток этих рек.

Для подсчета нормы стока р. Ертис выделено два периода: с 1903 по 1961 гг. и с 1962 по 2005 гг. В первом периоде наблюдались группировки лет различной водности, среди которых можно выделить маловодную фазу, которая наблюдалась с 1932 по 1936 гг. и многоводную с 1958 по 1961 гг. Во втором периоде особенно выделялась маловодная фаза од-

ного из циклов. Она наблюдалась с 1974 по 1984 гг. В остальные годы наблюдалось чередование серий различной водности продолжительностью 1...4 года, среди которых можно отметить многоводные фазы, которые наблюдались с 1957 по 1961 гг. и с 1969 по 1973 гг.

Для расчета нормы годового стока по р. Буктырма использованы периоды с 1921 по 1961 гг. и с 1962 по 2005 гг. В первом периоде особенно выделялась маловодная фаза одного из циклов, с 1923 по 1933 гг. Ярко выражена многоводная фаза, которая наблюдалась с 1944 по 1952 гг. Во втором периоде наблюдалось чередование серий различной водности продолжительностью, в основном, 1...4 года. Лишь одна маловодная фаза 1974...1978 гг. имеет продолжительность в 5 лет.

На р. Ульби для расчета нормы годового стока использован период продолжительностью 85 лет с 1921 по 2005 гг., который был разбит на два: с 1921 по 1961 гг. и с 1962 по 2005 гг. В первом периоде, в основном, наблюдались группировки различной водности продолжительностью 1...4 года, ярко выраженных серий нет. Во втором периоде встречались многоводные фазы в 3...5 лет, 1973...1974 гг., 1987...1990 гг. и др. Наиболее продолжительная маловодная фаза наблюдалась с 1994 по 2000 гг. (6 лет).

При оценке нормы годового стока р. Оба использованы периоды с 1921 по 1961 гг. и с 1962 по 2005 гг. В первом периоде наблюдались 1...3 летние серии маловодных лет и 1...4 летние серии лет повышенной водности. Во втором периоде можно отметить многоводную фазу 1969...1974 гг. и 1986...1990 гг., а также маловодную фазу, которая наблюдалась с 1994 по 2000 гг.

На р. Курчум при оценке годового стока выделено два периода: с 1911 по 1961 гг. и с 1962 по 2005 гг. В первом периоде выделяется маловодная фаза продолжительностью 4 года, с 1914 по 1918 гг. Наблюдались также многоводные и 1..3- летние маловодные серии. Во втором периоде можно отметить многоводную фазу одного из циклов с 1968 по 1973 гг. и маловодную с 1974 по 1978 гг., продолжительность каждой составляла 5 лет.

Для подсчета нормы стока р. Кальджир выделено два периода: с 1911 по 1961 гг. и с 1962 по 2005 гг. В первом периоде выделить маловодную фазу продолжительностью 4 года, с 1914 по 1918 гг. В остальные годы наблюдалось чередование фаз различной водности продолжительно-

стью от 1 до 4 лет. Во втором периоде особенно выделялась маловодная фаза одного из циклов. Она наблюдалась с 1974 по 1983 гг. (10 лет).

Приведенные оценки нормы годового стока рек бассейна Ертиса незначительно отличаются друг от друга. Это указывает на то, что наблюдающееся во второй половине 20-го – начале 21-го века довольно значительное повышение годовой температуры воздуха еще не оказывают существенного влияния на сток этих рек.

При оценке нормы годового стока р. Сырдарья приняты два периода с 1910 г. по 1960 г. и с 1961 по 2005 гг. В первом периоде выделялась многоводная фаза 1921...1924 гг. К годам повышенной водности можно отнести период с 1952 г. по 1955 г. Маловодные фазы наблюдались с 1916 по 1918 гг. и с 1937 г. по 1941 г. Во втором периоде отмечены фазы пониженной водности 1961...1965 гг., 1974...1978 гг., 1982...1986 гг. С 1988 г. наблюдались циклы различной водности небольшой продолжительности 1...2 года. С 2002 г. наступила многоводная фаза, которая, вероятнее всего еще не закончилась. Из всего ряда особенно выделяется многоводный 1969 г.

Для р. Арыс при оценке нормы годового стока использовались периоды с 1910 по 1973 гг. и с 1974 по 2005 гг. В первом периоде можно выделить серию маловодных лет с 1936 по 1948 гг., среди которой годы: 1941, 1942, 1946 можно отнести к средним по водности. С 1952 г. наблюдались непродолжительные 1...3-летние серии повышенной водности, среди которых особенно выделяется экстремально многоводный 1969 г. Во втором периоде проходит чередование лет различной водности продолжительностью 2...4 года.

При подсчете нормы стока р. Аксу использовались периоды с 1927 по 1960 гг. и с 1961 по 2005 гг. В первом периоде можно выделить серию маловодных лет с 1936 по 1940 гг., в остальные годы наблюдалось чередование лет с различной водностью продолжительностью 2...3 года. Во втором периоде отмечались серии маловодных лет – с 1961 по 1965 гг., с 1974 по 1977 гг. и с 1980 по 1986 гг. Наиболее продолжительная серия многоводья наблюдалась 8 лет с 1992 г. по 1998 г. С 2002 г наступила серия многоводных лет, которая, вероятно, еще не закончилась.

При оценке нормы годового стока р. Шаян выделено два периода: с 1948 по 1957 гг. и с 1958 по 2005 гг. В первом периоде наблюдалась серия многоводных лет продолжительностью 3 года с 1952 г. по 1954 г., которая сменилась маловодной серией, также из трех лет, 1955...1957 гг. Во втором периоде особенно выделялась маловодная фаза 1995...2001 гг., продолжительностью в 7 лет. С 1958 г. по 1960 г. наблюдалась непродолжительная многоводная фаза с 1958 г. по 1960 г. Особо необходимо так же отметить экстремально многоводный 1969 г.

Для р. Бугунь при оценке нормы годового стока использованы данные за 1935...1957 гг. для первого периода и 1958...2005 гг. для второго периода. В первом периоде наблюдалось маловодье длительностью 5 лет – 1935...1940 гг.. Во втором периоде особенно выделялась непродолжительная многоводная фаза одного из циклов. Она наблюдалась с 1958 по 1960 гг. Также можно отметить маловодный период длительностью 7 лет с 1994 по 2001 гг. На р. Бугунь 1969 г. отмечен как экстремально многоводный.

Приведенные оценки нормы годового стока рек бассейна Сырдарьи незначительно отличаются друг от друга. Это указывает на то, что наблюдающееся во второй половине 20-го – начале 21-го века довольно значительное повышение годовой температуры воздуха еще не оказывают существенного влияния на сток этих рек.

На р. Тобол для определения нормы годового стока, рассмотрены периоды: первый – с 1931 по 1969 гг. и второй – с 1970 по 2005 г. В первом периоде выделялось продолжительное маловодье 1932...1940 гг., длившееся 8 лет и непродолжительные, но достаточно яркие, многоводные серии по 2...3 года, наблюдавшиеся в 1941...1942 гг. и 1946...1948 гг. Второй период начинался с маловодной фазы 1972...1977 гг. Остальные годы второго периода характеризовались чередованием лет различной водности продолжительностью 1..2 года, из которых можно выделить два многоводных года 1993 и 1994.

Для р. Аят при оценке нормы годового стока использованы периоды с 1931 по 1968 гг. и с 1969 по 2005 гг. В первом периоде ярко выраженная маловодная фаза 1932... 1940 гг., на смену которой пришли годы с повышенной водностью 1941...1942 гг., 1946...1948. Во втором периоде наблюдались маловодные фазы, 1972...1976 гг., продолжительностью

6 лет, 1986...1989 гг. и 1996...1998 г. Среди многоводных лет особенно выделялись 1993...1994 годы.

При оценке нормы годового стока р. Ирғиз использованы периоды с 1928 по 1964 гг. и с 1965 по 2005 гг. В первом периоде особенно выделялась маловодная фаза одного из периодов, которая наблюдалась с 1936 по 1940 гг. Также можно отметить многоводную фазу 1941...1943 гг. Во втором периоде можно выделить фазу маловодных лет, которая наступила после экстремально многоводного 1993 г., с 1994 по 2004 гг. Лишь два года прерывали эту серию, 1997 г., близкий по водности к среднему, и многоводный 2002 г.

Для реки Тоғузак при оценке нормы годового стока использован период с 1931 по 1968 гг. и с 1969 по 2005 гг. В первом периоде наблюдалась маловодная фаза 1933...1940 гг. Также можно отметить многоводные фазы 1941...1943 гг. и 1946...1948 гг. Во втором периоде особенно выделялась своей продолжительностью маловодная фаза 1972...1989 гг.

На р. Кара-Тургай выбраны следующие периоды для оценки нормы годового стока: первый – с 1931 по 1959 гг. и второй – с 1960 по 2005 гг. В первом периоде выделялась маловодная фаза 1934...1940 гг. и многоводные годы 1948...1949 гг. Во втором периоде наблюдались непродолжительные 1...4 года многоводные 1984...1987 гг., 1993 г. и маловодные фазы 1994...1996 гг., 1998...2001 гг. и 2002...2004 гг.

Приведенные оценки нормы годового стока рек Тобол-Торгайского водохозяйственного бассейна незначительно отличаются друг от друга. Это указывает на то, что наблюдающееся во второй половине 20-го – начале 21-го века довольно значительное повышение годовой температуры воздуха еще не оказывают существенного влияния на сток этих рек.

Для р. Урал для оценки нормы годового стока в начале ряда наблюдений был выбран период с 1921 по 1957 гг., вторая половина этого ряда с 1958 по 2005 гг. В первом периоде наблюдались ярко выраженное маловодье с 1933 по 1940 гг. и многоводная фаза 1946...1948 гг. Во втором периоде особо выделялась многоводная фаза одного из периодов, 1986...1994 г. Лишь 1992 г., водностью чуть ниже средней, прерывал серию многоводных лет.

На р. Илек выбраны следующие периоды для оценки нормы годового стока: первый – с 1932 по 1956 гг. и второй – с 1957 по 2005 гг. В первом периоде особенно выделялась маловодная фаза одного из периодов, которая наблюдалась с 1935 по 1940 гг. Также можно отметить многоводную, но не продолжительную фазу 1941...1942 гг. Во втором периоде выделялась многоводная фаза 1993...1994 гг. и маловодная фаза, следовавшая за ней с 1995 по 2003 гг.

На р. Эмба для оценки нормы годового стока использованы данные по стоку с 1933...1949 гг. для первого периода и с 1950 по 2005 гг. – для второго. В первом периоде ярко выражена маловодная фаза 1933...1940 годов и многоводная фаза 1946...1948 гг. Во втором периоде особо можно отметить многоводные фазы 1986...1991 гг., 1993...1994 гг. и 2000...2002 гг.

При оценке нормы годового стока р. Нуры выделено два периода с 1916 по 1960 гг. и с 1961 по 2005 гг. В первом периоде можно выделить маловодную фазу 1932...1940 гг., продолжительность которой составляла 9 лет. В остальные годы наблюдались непродолжительные 1...3 года многоводные и маловодные фазы. Во втором периоде выделялась многоводная фаза 1984...1991 гг. и многоводный 1993 г.

На р. Шерубайнура при оценке нормы стока выделено два периода с 1916 по 1959 гг. и с 1958 по 2005 гг. В первом периоде особенно выделялась маловодная фаза одного из циклов, которая наблюдалась с 1932 по 1940 гг. и многоводная фаза 1945...1949 гг. Два года 1948 и 1949 гг. отличались повышенной водностью. Во втором периоде выделялись маловодные фазы одного из периодов, которые наблюдались с 1967 по 1970 гг., с 1974 по 1976 гг. и с 1977 по 1985 гг.

Для р. Сарысу при подсчете нормы годового стока использовано два периода с 1931 по 1973 гг. и с 1974 по 2005 гг. В первом периоде также особенно выделялась маловодная фаза 1932...1940 гг. и многоводные годы 1948 и 1954 гг. Во втором периоде наблюдались маловодные фазы продолжительностью 2...4 года, среди которых следует отметить 1998...2001 годы. Наблюдались также фазы повышенной водности (1...3 года) и многоводный 2002 г.

При оценке нормы годового стока на р. Каракенгир использовано два периода: с 1931 по 1959 гг. и с 1960 по 2005 гг. В первом периоде особенно выделялись маловодная фаза 1934...1940 гг. и непродолжительная, но достаточно многоводная фаза, которая наблюдалась в 1947...1948 гг. Во втором периоде можно выделить многоводные фазы. Они наблюдались с 1969 по 1973 гг., с 1990 по 1993 гг. Остальные годы периода характеризовались чередованием лет различной водности продолжительностью 1...4 года.

Для р. Есиль при оценке нормы годового стока использованы периоды с 1933 по 1962 гг. и с 1963 по 2005 гг. В первом периоде выделялась маловодная фаза одного из циклов. Она наблюдалась с 1933 по 1940 гг. Так же можно выделить многоводную фазу 1946...1949 гг. Во втором периоде наблюдалась многоводная фаза продолжительностью 4 года с 1969 по 1973 гг. В остальные годы проходило чередование серий различной водности по 1...3 года.

При оценке нормы годового стока р. Шу использованы периоды с 1926 по 1960 гг. и с 1961 по 2005 гг. В первом периоде особенно выделялась маловодная фаза одного из циклов. Она наблюдалась с 1937 по 1941 гг. Во втором периоде особенно выделялась маловодная фаза 1974...1986 гг., среди которой наблюдался один 1981 г. с водностью близкой к средней. Общая продолжительность маловодной фазы составила почти 12 лет.

На р. Талас для определения нормы годового стока исследовались два периода: с 1936 по 1960 гг. и с 1961 по 2005 гг. В первом периоде выделяется маловодная фаза одного из циклов. Она наблюдалась с 1937 по 1941 гг. Во втором периоде, также как и на р. Талас, особенно выделялась маловодная фаза 1974...1986 гг., среди которой наблюдался один 1981 год с водностью близкой к средней. Общая продолжительность маловодной фазы составила почти 12 лет.

Анализ значений нормы годового стока, определенных в первой и во второй половинах рассматриваемого периода показал, что значительных различий в величине указанных норм не наблюдается. Исключение составляют только реки бассейна озера Балхаш, где сток за вторую половину рассматриваемого периода оказался несколько выше. По имеющимся данным сток увеличился до 8...10 %, в основном за счет дополнительного поступления талых вод, образовавшихся в результате деградации горного оледене-

ния. Таким образом, во второй половине 20 – начале 21 века существенных изменений естественного стока под влиянием климата не произошло.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 460 с.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

20 ҒАСЫР МЕН 21 ҒАСЫРДЫҢ БАСЫНДА ҚАЗАҚСТАННЫҢ НЕГІЗГІ ӨЗЕНДЕРІНІҢ ЖЫЛДЫҚ АҒЫСЫНДЫСЫНА КЛИМАТЫНЫҢ ӨЗГЕРУ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Техн. ғылымд. канд. В.И. Ли
Геогр. ғылымд. канд. В.П. Попова

Алаптағы 30 өзендерінің әртүрлі су шаруашылық алаптарында табиғи өзен ағындысының тербелісін зерттеу нәтижелері келтірілген. 20 ғасырдың екінші жартысында және 21 ғасырдың басында пайда болған өзгерісі табиғи ағындының климат әсерінен еместігі анықталды. Екінші жартысында қарастырылып отырылған кезеңінен ағынды 8-10%-ға дейін бірнеше жоғары болып қалды, негізінен қосымша еріген сулары есебі үшін, таулы мұздану дағдарысы нәтижесінде пайда болған, бұл тек Балқаш көлі алабының өзендерінде ғана құралады.

УДК 556.048; 556.16 «45»

**МЕТОДИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГОДОВОГО СТОКА
ОСНОВНЫХ ПРИТОКОВ РЕКИ СЫРДАРЬИ В ПРЕДЕЛАХ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

А.С. Перевалов

В статье рассмотрена методика восстановления годового стока основных притоков р. Сырдарья в пределах Казахстана. Приведены схемы восстановления пропусков в рядах наблюдения за стоком. В результате исследований восстановлен годово́й сток 8 рек за период с 1930 по 2006 г.

Река Сырдарья в пределах Республики Казахстан имеет притоки впадающие только с правого берега. Они берут начало в горах Западного Тянь-Шаня. Наиболее крупными из них, достигающими р. Сырдарья, являются реки Келес и Арыс с притоками Аксу, Боралдай и Бадам. К более мелким рекам, теряющимся на предгорной равнине, относятся Бугунь, Шаян, Арыстанды, Барабассай, Актассай, Карачик и др.

В зоне формирования стока основным источником питания являются талые воды снежного сезонного покрова и дождевые осадки, а меньшую часть стока составляют воды ледников и «вечных снегов».

Основной объем стока (70 %) р. Сырдарья формируется в верхней части бассейна до выхода из Ферганской долины. Ниже г. Чардары сток правобережных притоков (р. Ахангаран, р. Чирчик, р. Келес) составляет 23 % общих водных ресурсов бассейна. Доля стока р. Арыс и рек, стекающих с хребта Каратау, невелика – 7 %. Рассматриваемая территория, расположенная ниже Шардаринского водохранилища, находится в зоне рассеивания стока. Единственный приток, впадающий в р. Сырдарью на этом участке – р. Арыс.

В бассейне р. Сырдарья насчитывается более 40 пунктов наблюдений за стоком рек. Продолжительность периодов наблюдений составляет от 4...8 до 70...80 лет. На отдельных реках измерение расходов воды производилось лишь в вегетационный период.

В исследуемом районе рассматривался сток следующих рек р. Келес – с. Казыгурт, р. Келес – аул. Акжар, р. Келес – пос. Горный ниже сброса арыка Рамадан, р. Шаян – в 3,3 км ниже устья р. Акбет, р. Бугунь – с. Красный мост,

р. Сайрам – аул. Тасырак, р. Болдыбрек – с. Сахаровка, р. Бадам – аул. Маятас, р. Аксу – с. Подгорное, р. Жебаглысу – с. Ново-Николаевка р. Арыс – ж.д. ст. Арыс, р. Арыс – водокачка ж.д. ст. Тимур (табл. 1).

Таблица 1

Сведения о наблюдениях за стоком рек

Река – Пост	Площадь водосбора, км ²	Период фактических наблюдений
Келес – с. Казыгурт (с. Ленинское)	1580	1955...1958, 2003...2006
Келес – аул Акжар (с. Степное)	1960	1959...1993
Келес – п. Горный ниже сброса арыка Рамадан	2490	1931...1932, 1936...1942, 1953...1975
Келес – устье	3310	1971...2005
Шаян – в 3.3 км ниже устья р. Акбет	485	1948...1994, 1996...2006
Бугунь – с. Красный мост	2040	1936...1939, 1941...1942, 1947...1950, 1952...2006
Аксу – с. Подгорное	462	1927...1942, 1945...2006
Бадам – аул. Маятас	586	1941, 1948...1950, 1953, 1958, 1966, 1968...1999
Бадам – с. Караспан	4370	1930...1934, 1963...1968, 1970...1975, 1977...2006
Болдыбрек – с. Сахаровка	191	1933, 1938...1940, 1942, 1944, 1947...1948, 1951...1968, 1970...1999
Жебаглысу – с. Ново-Николаевка	172	1931...1936, 1938...1940, 1942, 1944, 1947...1958, 1960...2006

Исходными материалами, характеризующими сток рассматриваемых рек, послужили опубликованные справочно-кадастровые, архивные и другие данные. Сведения, приведенные в опубликованных материалах, зачастую не в полной мере отражают действительные значения основных гидрологических характеристик рек. Например, отсутствие среднемесячных и среднегодовых расходов воды по некоторым водотокам объясняется пропусками в сведениях об измеренных расходах воды. Сток не приведен из-за низкого качества материалов или отсутствия наблюдений.

Вследствие выше указанных причин возникла необходимость в восстановлении расходов воды по рекам исследуемого района. С помощью методики определения нормы стока при недостаточности данных гидрометрических наблюдений [2], было произведено восстановление стока по рекам за отдельные месяцы и годы. Для восстановления были использованы реки аналоги и уравнения регрессии, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Сведения о восстановлении годового стока рек бассейна р. Сырдарьи в пределах Казахстана

Река – Пункт	Река-аналог	r	Уравнение регрессии	Период расчета уравнения связи	Восстановленные годы
Арыс – ж.-д. ст. Арыс	Арыс – ж.-д. ст. Арыс	0,99	$Q = 0,913 \cdot Qa_{(3-12)} + 5,61$	1928...1931, 1935...1942, 1946, 1947	1927
Арыс – с. Шаульдер	Арыс – с. Шаульдер	0,99	$Q = 0,839 \cdot Qa_{(3-11)} + 8,38$	1927, 1928, 1942, 1946...1962	1910, 1911, 1913...1915, 1917, 1918, 1923, 1925, 1926, 1932...1935, 1945
Бугунь – с. Красный Мост	Шаян - в 3,3 км ниже устья р. Акбет	0,95	$Q = 2,51 \cdot Qa - 1,47$	1948...1963, 1965...1968, 1970...1974, 1976-1981, 1985, 1987-1989, 1991, 1998...2003	1940, 1943, 1944...1946, 1951
	Сайрам – аул. Тасарык	0,88	$Q = 1,55 \cdot Qa - 5,12$	1936...1947, 1949...1953, 1955...1957, 1960...1965, 1967, 1969, 1972...1975	1935, 1943
Аксу – с. Подгорное	Сайрам – аул Тасарык	0,93	$Q = 1,44 \cdot Qa - 0,12$	1930...1946	1943, 1944
Бадам – Аул Маятас	Бугунь – с. Красный Мост	0,97	$Q = 0,69 \cdot Qa + 0,55$	1941...1970	1935...1940, 1942...1947, 1954 ...1957, 1959...1965, 1967
	Бугунь – с. Красный Мост	0,89	$Q = 0,67 \cdot Qa - 0,43$	1969...1971, 1973...1974, 1976...1984, 1986...2004	2000...2004
Шаян – в 3,3 км ниже устья р. Акбет	Бугунь – с. Красный Мост	0,92	$Q = 0,37 \cdot Qa + 0,67$	1948...1963, 1965...1968, 1970...1974, 1976...1981, 1985, 1987...1989, 1991, 1995, 1998...2003	1995

Река – Пункт	Река-аналог	г	Уравнение регрессии	Период расчета уравнения связи	Восстановленные годы
Болдыберек – с. Сахаровка	Келес устье	0,92	$Q = 0,14 \cdot Qa + 0,96$	1971...1982, 1984...1990, 1992...2004	2000...2004
	Аксу – с. Подгорное	0,91	$Q = 0,32 \cdot Qa - 0,14$	1927...1948, 1950...2004	1943, 1969
Жебаглысу – с. Новониколаевка	Аксу – с. Подгорное	0,89	$Q = 0,24 \cdot Qa + 0,05$	1929...1942, 1945...1947, 1950...1961, 1967...2003	1929, 1930, 1946

Примечание: Qa – среднегодовой расход воды по посту-аналогу, г – коэффициент корреляции.

Объективным критерием правильности выбора пункта аналога, в соответствии с требованиями СНиПа 2.01.14 – 83 [3], являлась достаточно тесная связь за годы одновременных наблюдений между величинами стока рассматриваемой реки и реки аналога. Связь считается удовлетворительной и приемлемой для практических расчетов, если отклонения большей части точек не превышают 15 % и коэффициент корреляции $r \geq 0,7 \dots 0,8$. [1].

Восстановление годового стока рек бассейна р. Сырдарьи произведено методом аналогии. Сведения о реках-аналогах, значения коэффициента корреляции и уравнениях регрессии приведены только по отдельным рекам и пунктам в табл. 2.

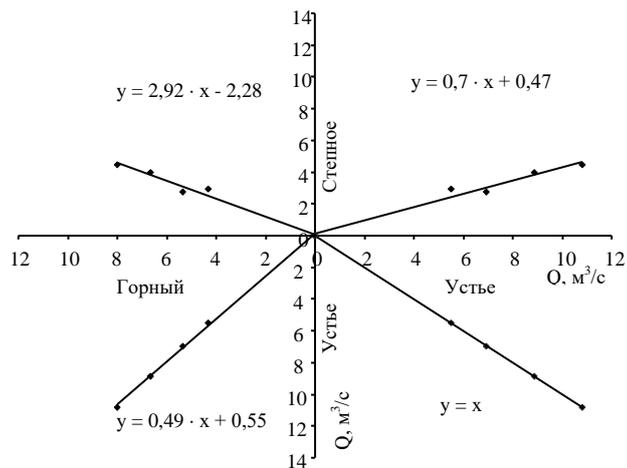


Рис. – График связи среднегодовых расходов воды по длине р. Келес.

Значительные трудности были связаны с восстановлением стока реки Келес – устье, в связи с отсутствием непрерывных наблюдений в верхних гидрометрических створах этой реки. Поэтому за отдельные периоды пришлось восстанавливать сток по разным рекам-аналогам. Сток за 1929...1930, 1933...1935, 1943...1952 гг. восстанавливался по связи стока р. Келес – устье и суммарного условно-естественного стока р. Бадам – с. Обручевка, р. Боралдай – свх. им. XXII партсъезда, р. Арыс – клх. Юсансай. Восстановление стока за 1931...1932, 1936...1942, 1953...1958 гг. производилось по аналогу р. Келес – п. Горный. Сток р. Келес – устье за 1959...1993 гг. восстановлен по р. Келес – с. Степное (аул Акжар), а за период 1994...1998 гг. по уравнению связи со стоком р. Келес – с. Янги Базар. Для восстановления условно естественного стока

р. Келес – устье за период 1999...2002 гг. к измеренному стоку в этом створе прибавлялись значения заборов воды в среднем равные $2,0 \text{ м}^3/\text{с}$. За 2003...2006 гг. сток восстановлен по связи со стоком р. Келес – с. Казыгурт. При восстановлении стока использован график связи среднегодовых расходов воды по гидрологическим постам с. Степное, п. Горный и устье, позволяющий проводить увязку стока р. Келес по её длине (рис.).

В табл. 2 приведены сведения о восстановлении среднемесячных и среднегодовых расходов воды притоков реки Сырдарья в пределах Казахстана. Это оптимальная методика восстановления годового стока основных притоков р. Сырдарьи.

В результате проведенных исследований были восстановлены непрерывные наблюдения за стоком с 1930 по 2006 г. для восьми рек с общим количеством пропусков в рядах наблюдений более 80 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 460 с.
2. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 247 с.
3. Строительные нормы и правила. Определение расчетных гидрологических характеристик. СНиП 2.01.14-83 / Гос. Комитет СССР по делам строительства. – М.: 1985. – 36 с.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКА ШЕКТЕРІНДЕ СЫРДАРИЯ ӨЗЕНІ НЕГІЗГІ САЛАЛАРЫНЫҢ ЖЫЛДЫҚ АҒЫНДЫНЫ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ӘДІСІ

А.С. Перевалов

Бұл мақалада Қазақстан шектеріндегі Сырдария өзені негізгі салаларының жылдық ағындыны қалпына келтіру әдісі қарастырылады. Ағынды жоқ болған қатарлары үшін қалпына келтіру жүйесі келтірілген. Зерттелу нәтижесінде 8 өзенінің 1930 жылдан 2006 жылға дейінгі кезеңдері үшін жылдық ағынды қалпына келтіріледі.

УДК 551.510.42

**ПОТЕНЦИАЛ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И ВОЗМОЖНОСТИ
ЕГО ПАРАМЕТРИЗАЦИИ**

Доктор геогр. наук В.Г. Сальников

Н.У. Бултеков

Приведены результаты исследований по количественному определению характеристик вихря скорости и дивергенции, которые в дальнейшем предполагается использовать для установления градаций и оценки уровня потенциала загрязнения атмосферы.

Охрана чистоты атмосферы в период бурного развития промышленности и автотранспорта стала одной из наиболее важных задач устойчивого развития.

Радикальной мерой по поддержанию воздуха в чистоте является сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу до установленных нормативов, при которых в приземном слое атмосферы обеспечиваются санитарно обоснованные предельно допустимые концентрации [5].

Однако, современный уровень развития науки и техники не позволит в ближайшем будущем полностью ликвидировать вредные выбросы в атмосферу, несмотря на огромные достижения в области охраны окружающей среды. Это обстоятельство заставило все страны подойти к проблеме охраны атмосферного воздуха со всей серьезностью, что дало значительный импульс в развитии исследований в области метеорологических аспектов загрязнения атмосферы, в частности в изучении количественных характеристик уровня загрязнения воздуха, особенностей и причин, обуславливающих скопление вредных веществ в атмосфере, и т.д. Много проводилось исследований в этой области, как в ближнем, так и дальнем зарубежье. Эти исследования получили обобщение в монографиях Берлянда М.Е. и Безуглой Э.Ю. [2, 3].

Разработки в плане метеорологических аспектов загрязнения атмосферы связаны, прежде всего, с изучением атмосферной диффузии, закономерностей распространения примесей и особенностей их пространственно-временного распространения, а также их прогноза. Они являются основой для объективной оценки состояния загрязнения атмосферы и разработки методик по обеспечению чистоты атмосферы. В настоящее время

существует несколько полуэмпирических способов оценки способности атмосферы накапливать или рассеивать примеси. Эту способность всё чаще называют потенциалом загрязнения атмосферы (ПЗА).

Понятие ПЗА было введено в США для описания общих условий рассеивания примесей. В настоящее время предрасположенность атмосферного воздуха к загрязнению характеризуется потенциалом загрязнения атмосферы, который понимается как сочетание метеорологических факторов, обуславливающих уровень возможного загрязнения атмосферы от источников в данном географическом районе [1].

Для параметризации ПЗА используются самые разные подходы. Под ПЗА нередко подразумевают комплексные характеристики значений вертикального распределения температуры воздуха и скорости ветра, а иногда и другие метеоэлементы. Так, в ряде американских работ для характеристики ПЗА предлагается оценивать сочетание скорости ветра в приземном слое и на уровне 3 км. При этом, под высоким ПЗА понимают сочетание скорости ветра в приземном слое до 4 м/с, а на уровне 3 км до 12 м/с с нисходящими движениями в слое атмосферы до 2,5 км. Продолжительность таких условий должны быть не менее 36 часов.

Часто для характеристики устойчивости атмосферы используется понятие высоты слоя перемешивания (ВСП) L_0 , определяемого как часть атмосферы, в которой рассеиваются основные выбросы от приземных источников. Обычно принимается, что зона перемешивания заканчивается на уровне, где неустойчивая или равновесная стратификация сменяется устойчивой. При уменьшении L_0 увеличивается загрязнение воздуха (без учёта высоких выбросов). Обычно высоту слоя перемешивания определяют для дневного времени и антициклональной погоды, в предположении, что она приблизительно равна высоте приземной инверсии к концу предшествующей ночи.

Влияние ВСП на уровень загрязнения не однозначно. Оно зависит от скорости ветра в слое перемешивания. В связи с этим Холцфорт Ж.С. предложил использовать комбинированную характеристику, равную произведению ВСП на среднюю скорость ветра \overline{U}_0 в слое перемешивания. Эта характеристика представляет собой скорость рассеивания примеси в объеме высотой H (высота слоя перемешивания), шириной 1 км и длиной, равной расстоянию, на которое переносится примесь за единицу времени под влиянием средней скорости ветра в слое. Высокий ПЗА ожидается в случае, когда в день прогноза и на следующий день утром $L_0 < 500$ м, $\overline{U}_0 \leq 4$ м/с.

В [6] для оценки метеорологических условий распространения примесей рассчитывался комплекс метеорологических условий, способствующих как загрязнению, так и очищению атмосферы. Для этого был предложен коэффициент самоочищения атмосферы K_m :

$$K_m = \frac{P_m + P_t}{P_0 + P_6}, \quad (1)$$

где P_m – повторяемость скоростей ветра 0...1 м/с, %; P_t – повторяемость туманов, %; P_0 – повторяемость числа дней с осадками более 1,0 мм, %; P_6 – повторяемость скорости ветра более 6 м/с, %. Таким образом, в числителе располагаются метеорологические параметры, способствующие загрязнению атмосферы примесями, в знаменателе – к самоочищению атмосферы.

В СССР в 80-х годах для оценки ПЗА также были предложены два метода. Это метод ГГО и физико-статистический методы. Согласно первому из них, ПЗА выражается в виде отношения средних концентраций примесей в конкретном (\bar{q}_i) и условном (\bar{q}_0) районах:

$$n = \frac{\bar{q}_i}{\bar{q}_0}. \quad (2)$$

За условный принимается район с минимальными условиями для накопления примесей. Рассчитанный таким образом показатель ПЗА указывает, во сколько раз средний уровень загрязнения воздуха в конкретном районе, обусловленный реальной повторяемостью метеоусловий, будет выше, чем в условном.

Согласно физико-статистическому способу оценки ПЗА предложенному Безуглой, учёт влияния метеоусловий на содержание примесей в атмосфере осуществляется путём расчёта следующей формулы [1]:

$$ПЗА = 2,3 \exp \left[\frac{0,04}{(z_2 - z_1)^2} - \frac{0,4z_1}{z_2 - z_1} \right]. \quad (3)$$

Здесь z_1 и z_2 являются аргументами интеграла вероятности. Уровень ПЗА определяется в соответствии с установленными градициями.

Таким образом, анализ существующих способов параметризации ПЗА показывает, что в настоящее время не существует единого для этого подхода. Это обусловлено отсутствием универсального количественного параметра ПЗА, позволяющего не только оценивать возможности атмосферы накапливать или рассеивать примеси в климатическом плане, но и разрабатывать схемы прогноза ПЗА с различной заблаговременностью.

Кроме того, параметры, входящие в формулы для расчета ПЗА в большинстве случаев обладают значительной пространственно-временной неоднородностью. Это не всегда позволяет проводить экологические мероприятия с достаточной степенью эффективности. Еще одним фактором, ограничивающим использование ПЗА классическими методами, является редкая сеть аэрологических станций и современная частота зондирования атмосферы. В настоящее время производится один - два выпуска радиозондов в сутки. Это обуславливает значительные погрешности в определении повторяемости инверсий и застойных явлений.

Таким образом, представляется целесообразным разработать более универсальный подход в определении ПЗА для Казахстана.

В данной статье приводятся результаты исследований по количественному определению характеристик вихря, дивергенции и циркуляции скорости, которые отражают процессы цикло-, антициклогенеза, особенности вертикальных движений и другие процессы атмосферы, способствующие перераспределению примесей в воздушной среде. Это позволит в дальнейшем, после установления соответствующих градаций, не только уточнить районирование территории республики по этому параметру, но и судить в оперативном режиме с необходимой достоверностью о способности атмосферы накапливать или рассеивать примеси, а также предложить схемы его прогноза с различной заблаговременностью.

Вихрь скорости является вектором $rot V = \Omega$, проекции которого на оси координат равны:

$$\Omega_x = \frac{\partial W}{\partial y} - \frac{\partial V}{\partial z}, \quad \Omega_y = \frac{\partial U}{\partial z} - \frac{\partial W}{\partial x}, \quad \Omega_z = \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{\partial U}{\partial y}, \quad (4)$$

где U, V, W – проекции вектора скорости $\vec{V}(U, V, W)$ на координатные оси x, y, z .

Численно вихрь скорости равен удвоенной угловой скорости вращения частицы и направлен параллельно оси вращения в ту сторону, откуда вращение кажется совершающимся против часовой стрелки.

В дальнейшем, для проведения практических расчетов, нас будет интересовать лишь вертикальная слагающая вихря Ω_z , которая в изобарической системе координат выражается в виде:

$$\Omega_z = \frac{\partial V_p}{\partial x} - \frac{\partial U_p}{\partial y}. \quad (5)$$

Не следует полностью отождествлять вихрь скорости как метеорологическую величину с перемещением частиц воздуха по криволинейным

траекториям. Речь идет не столько о вращательном движении, сколько о тенденции возникновения такого движения.

Учитывая, что

$$\Omega = \frac{1}{\rho l} \left(\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} \right) = \frac{1}{\rho l} \nabla^2 P \quad (6)$$

или

$$\Omega = \frac{g}{l} \left(\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} \right) = \frac{g}{l} \nabla^2 H, \quad (7)$$

вычисление Ω можно заменить вычислением лапласианов $\nabla^2 P$ или $\nabla^2 H$.

Дивергенция вектора скорости в пространстве определяется уравнением:

$$\operatorname{div} V = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \tau}{\partial p}. \quad (8)$$

В горизонтальной плоскости

$$\operatorname{div} V = D = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}. \quad (9)$$

При этом, горизонтальная дивергенция потока D_0 вызывается двумя факторами:

- приземным трением D''_{p_0} ;
- изменением вертикальной скорости с высотой, на что указывает уравнение $D = -\partial\tau/\partial p$.

Если запишем это общее уравнение применительно к приземному слою атмосферы, то получим:

$$D'_{p_0} = - \left(\frac{\partial \tau}{\partial p} \right)_{p_0}, \quad (10)$$

где $(\partial\tau/\partial p)_{p_0}$ – характеризует изменение вертикальной скорости с высотой.

Анализ показывает, что если восходящие токи усиливаются с высотой – $(\partial\tau/\partial p)_{p_0} > 0$, то в приземном слое происходит конвергенция потоков $D'_{p_0} < 0$ и ПЗА уменьшается, а если усиливаются с высотой нисходящие токи – $(\partial\tau/\partial p)_{p_0} < 0$, то происходит растекание потоков $D'_{p_0} > 0$ – ПЗА увеличивается. Таким образом, горизонтальную дивергенцию скорости можно представить в виде суммы двух слагаемых:

$$D_{p_0} = D'_{p_0} + D''_{p_0}, \quad (11)$$

где D''_{p_0} – дивергенция, обусловленная приземным трением.

Определение составляющей горизонтальной дивергенции в приземном слое представляет наибольшие трудности. Можно предложить следующий способ.

Естественно предположить, что горизонтальная дивергенция в приземном слое D'_{p_0} и дивергенция D_{850} на уровне 850 гПа тесно связаны между собой. Этот вывод основывается на том, что согласно уравнению неразрывности на любом уровне атмосферы выполняется условие:

$$D = -\frac{\partial \tau}{\partial p}. \quad (12)$$

Если принять, что вертикальная скорость обращается в нуль на поверхности Земли и на уровне тропопаузы, то согласно теоремы Роля в слое тропосферы существует уровень, где выполняется условие:

$$\frac{\partial \tau}{\partial p} = 0. \quad (13)$$

Такой уровень одновременно является бездивергентным уровнем атмосферы ($D = 0$) и совпадает, как известно, в среднем с уровнем 600 гПа [4]. Ниже этого уровня $-\partial \tau / \partial p$ имеет один и тот же знак на всех высотах. Таким образом можно принять, что между дивергенцией в приземном слое и дивергенцией на уровне 850 гПа существует связь:

$$D'_{p_0} = m D_{850}, \quad (14)$$

где m – коэффициент пропорциональности.

Кроме того, в приземном слое существует дивергенция трения, которую вычисляют с использованием лапласиана давления на уровне моря:

$$D_T = -m_T \nabla p_0, \quad (15)$$

где m_T – коэффициент пропорциональности, $\nabla p_0 = \bar{p}_r - p_0$. Здесь \bar{p}_r – среднее давление на окружности радиуса r , p_0 – давление в центре этой окружности.

Из уравнения (15) следует, что при $\bar{p}_r > p_0$ наблюдается отрицательная горизонтальная дивергенция ($D_T < 0$), а при $\bar{p}_r < p_0$ положительная дивергенция ($D_T > 0$).

Таким образом, суммарную горизонтальную дивергенцию в приземном слое атмосферы можно представить в виде:

$$D_{p_0} = mD_{850} - m_T \nabla p_0. \quad (16)$$

В связи с тем, что непосредственное вычисление горизонтальной дивергенции D_0 по полю ветра связано с большими трудностями, перспективными представляются исследования связи между горизонтальной дивергенцией D_0 и адвекцией температуры воздуха.

Таким образом, в результате проведённых исследований получены аналитические зависимости, позволяющие оценивать особенности дивергенции в приземном слое воздуха и, соответственно, потенциал загрязнения атмосферы. Эти результаты в дальнейшем предполагается использовать в Казахстане для установления градаций и оценки уровня ПЗА, включая прогноз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 184 с.
2. Безуглая Э.Ю., Берлянд М.Е. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Справочное пособие. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 328 с.
3. Берлянд М.Е. Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 260 с.
4. Лутфулин И.З. Новые методы предвычисления метеорологических полей. – Л.: Гидрометеоздат, 1967. – 154 с.
5. Сальников В.Г. Эколого-климатический потенциал Казахстана. – Алматы: Қазақ университеті, 2006. – 263 с.
6. Свинухов В.Г. Экология атмосферы городов Приморского края. – Владивосток: Дальневосточный университет, 1997. – 140 с.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы
Казгидромет, г. Алматы

АТМОСФЕРАНЫҢ ЛАСТАНУ ПОТЕНЦИАЛЫ ЖӘНЕ ОНЫ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯЛАУ МҮМКІНДІКТЕРІ

Геогр. ғылымд. докторы В.Г. Сальников
Н.У. Бултеков

Бұл мақалада дивергенция мен құйын жылдамдығының сипаттамаларының сандық анықтамасы бойынша зерртеу нәтижелері келтірілген, оларды болашақта атмосфераның ластану потенциалы деңгейін бағалауға және градацияны орнықтыру үшін қолдануға болады.

УДК 551.510.42

**О РЕЗУЛЬТАТАХ ЧИСЛЕННЫХ РАСЧЕТОВ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ SO_2 И NO_2 ОТ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ
НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (на примере КНГКМ)**

А.А. Скакова

Изучены особенности распространения SO_2 и NO_2 от источников выбросов нефтегазовых месторождений на примере Карачаганакского газоконденсатного месторождения: годовой ход концентраций загрязняющих веществ и характер распределения их по высоте.

Современная система контроля вредных пылегазовых выбросов в атмосферу в Казахстане и в других странах СНГ основана на принятой еще в СССР концепции о том, что выбросы любого предприятия в суммировании с одноименными выбросами других предприятий данного региона не должны превышать на уровне дыхания, так называемых, «Предельно допустимых концентраций» (ПДК). На основе медико-биологических исследований разработан широкий набор значений ПДК для разнообразных веществ и соединений, распространяющихся от источников выбросов в атмосфере [1, 5].

Принятая система контроля ограничена непосредственным воздействием выбросов источников данного региона на атмосферу региона. При этом, действующее законодательство не требует сведений баланса выбросов, хотя практически всегда, свыше 50 % выбросов в любом регионе уносятся за его пределы, осаждаясь в других районах, отстоящих от источников на многие сотни и тысячи километров. В этом случае рассеивание выбросов столь велико, что их концентрации оказываются много ниже установленных норм ПДК и, следовательно, не оказывает заметного влияния на загрязнение атмосферы в районах дальнего переноса.

Известно, что время нахождения в атмосфере в случае дальнего переноса становится значительным (от нескольких часов до нескольких суток) и первичные выбросы окислов серы и азота взаимодействуют в атмосфере под влиянием ультрафиолетовой части солнечного излучения, образуя сложную гамму азотно-сернистых соединений. Указанные соединения в сухом (ряд из них образует аэрозоли) и влажном виде (кислотные дожди) выпадают на почву, леса, здания, сооружения и т.п.

Этот вид загрязнений в Казахстане в настоящее время не нормируется и не контролируется в достаточной степени [3, 4]. Вместе с тем, в Европе, уже в течение более 15 лет в рамках выполнения конвенции о трансграничном переносе вредных веществ в атмосфере ведутся расчетные оценки этого переноса, а также организована система мониторинга для определения выпадения различных загрязнений на отдельные территории и государства.

На наш взгляд назрела актуальность контроля такого рода загрязнений на территории Казахстана. Между тем, проблема оценки переноса загрязнений не может быть решена только путем организации измерений, она требует также развития математического моделирования. Необходимость моделирования для оценки дальнего переноса от многих источников обусловлена тем, что путем измерений не удастся надежно определить источник выбросов, поступающих в данную точку. Организация репрезентативных измерений связана с большими затратами, техническими и организационными трудностями. Но даже при наличии таких измерений, определение источника примеси требует достаточно развитого информационно-модельного обеспечения, так как примесь попадает в точку измерения многими путями и от многих источников.

После эмиссии в атмосферу антропогенные примеси распространяются по ветру (адвекция), рассеиваются в горизонтальной плоскости (горизонтальная диффузия) и по вертикали (вертикальная диффузия). При этом, они могут захватываться осадками (в том числе, аккумулироваться облаками) и осаждаться вместе с ними. Кроме того, примеси выпадают вследствие гравитационного осаждения (крупные частицы с характерными размерами более микрона) и захвата подстилающей поверхностью («сухое» осаждение), подвергаются химическим превращениям. Последние играют особую роль, так как первоначально химически почти инертные и потому экологически безопасные примеси могут переходить в опасные формы или провоцировать образование вредных веществ. Так, например, биологически инертный газ NO переходит в азотную кислоту и нитраты и совместно с летучими органическими соединениями провоцируют образование в нижней тропосфере больших концентраций озона, оказывающего вреднее влияние на биоту [6, 7].

В данной работе для изучения распространения SO₂ и NO₂ от источников выбросов нефтегазовых месторождений (на примере Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения, КНГКМ) использовалась численная схема расчета, состоящая из региональной гидродинами-

ческой модели атмосферы «ЕТА» и модели «дальнего и трансграничного переноса» (МДТП) вредных выбросов [2, 8, 9].

Результаты расчетов показали, что наиболее значительные концентрации SO_2 и NO_2 как по среднегодовым, так и по средним месячным данным, наблюдаются в нижнем 200 метровом слое. На этом уровне ареал распространения загрязняющих веществ (SO_2 и NO_2) – незначительный, тогда как сами величины концентрации в среднем за год достигают 11 000 (для NO_2) и 500...550 (для SO_2) $пг/м^3$. С высотой концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе резко уменьшается, – на уровнях 700 и 900 м концентрация SO_2 и NO_2 примерно на порядок ниже, чем на уровне 200 м. Однако, ареал распространения выбросов увеличивается. В среднем за год под влиянием деятельности объектов Компании оказывается большая часть европейской территории России (за исключением западной половины ЕТР), Урала и Западной Сибири, а также Узбекистан и Туркмения. Основной поток примесей в условиях преобладания над территорией Казахстана западных и северо-западных ветров направлен на восток и юго-восток. Поэтому и основные очаги с максимальными концентрациями диоксида серы (50...55 $пг/м^3$ на уровне 700 м и 14...18 $пг/м^3$ на уровне 900 м) располагаются восточнее объектов Компании.

Для иллюстрации на рис. 1 и 2 представлены особенности среднегодовых потоков SO_2 на уровнях 700 и 900 м.

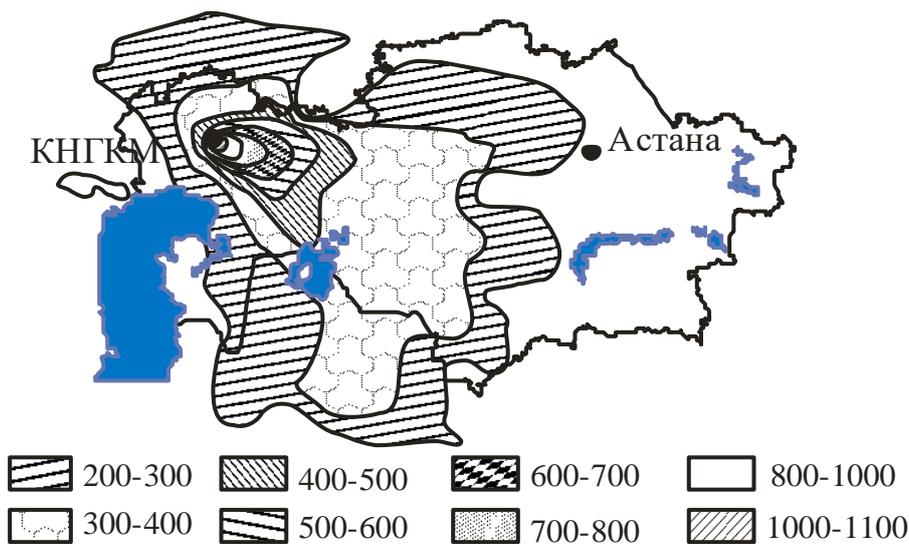


Рис. 1. Распространение концентрации SO_2 от Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения на уровне 700 м в среднем за год, $пг/м^3$.

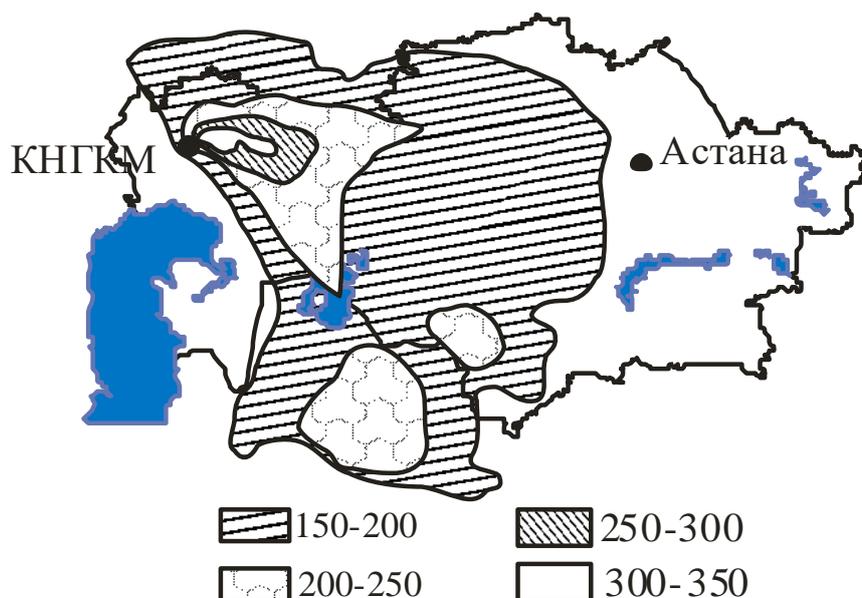


Рис. 2. Распространение концентрации SO_2 от Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения на уровне 900 м в среднем за год, $нг/м^3$.

В работе также рассмотрено пространственное распределение концентраций диоксида серы и азота для различных месяцев на уровнях 200, 700 и 900 м.

Так, в **январе** концентрация диоксида азота в районе объектов Компании на уровне 200 м достигает $8\ 000\ нг/м^3$, концентрация серы – значительно меньше, около $350\ нг/м^3$. На уровне 700 м ареал распространения загрязняющих веществ захватывает юг Западной Сибири, восточный Казахстан, а также Узбекистан и Туркмению. Основной очаг с концентрацией до $350\ нг/м^3$ для азота и $16\ нг/м^3$ для серы располагается в районе Астаны и на западе Узбекистана. На уровне 900 м ареал распространения загрязняющих веществ практически не меняется, однако основной очаг с концентрацией около $60\ нг/м^3$ для азота и $3\ нг/м^3$ для серы отодвигается на юго-восток Казахстана к границам Киргизии.

В **феврале** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании увеличивается – на уровне 200 м до $11\ 000\ нг/м^3$ для азота и $550\ нг/м^3$ для серы. На уровне 700 и 900 м ареал распространения загрязняющих веществ почти не отличается от январского. Однако расположение очагов меняется. Основной очаг с концентрацией около $850\ нг/м^3$ для азота и $33\ нг/м^3$ для серы располагается в районе объектов Компании, два других – менее интенсивных ($300...400\ нг/м^3$ для

азота и 15...18 пг/м^3 для серы) располагаются на северо-востоке Европейской России. На уровне 900 м основной очаг (с концентрацией свыше 180 пг/м^3 для азота и свыше 8 пг/м^3 для серы) располагается на севере Западной Сибири, два других (с концентрацией 140...160 пг/м^3 для азота и 7...8 пг/м^3 для серы) смещаются на северо-восток европейской территории России, юг Казахстана и запад Узбекистана.

В марте концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м составляет около 10 000 пг/м^3 для азота и 450 пг/м^3 для серы. На уровне 700 м основной очаг с концентрацией 500...550 пг/м^3 для азота и 27 пг/м^3 для серы располагается восточнее объектов Компании. Еще один очаг – менее интенсивный (400...450 пг/м^3 для азота и 21...24 пг/м^3 для серы) прослеживается на среднем Урале. На уровне 900 м – основной поток направлен на восток и юго-восток, в связи с чем, основные очаги с концентрацией 200...220 пг/м^3 для азота и 10...11 пг/м^3 для серы смещаются на юг Казахстана, запад Узбекистана и захватывают восточную часть Таджикистана и север Киргизии.

В апреле концентрация загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы резко увеличивается и достигает на уровне 200 м в районе объектов Компании 18 000 пг/м^3 для диоксида азота и 800 пг/м^3 для диоксида серы. На уровне 700 м ареал распространения загрязняющих веществ суживается и ограничивается с запада меридианом Москвы, с востока – меридианом озера Балхаш. Основной очаг с концентрацией 1100...1200 пг/м^3 для азота и 50...55 пг/м^3 для серы располагается северо-западнее объектов Компании. На уровне 900 м основной очаг с концентрацией свыше 400 пг/м^3 для азота и около 20 пг/м^3 для серы располагается восточнее объектов Компании. Два других – менее интенсивных (с концентрацией 350...400 пг/м^3 для азота и 16...18 пг/м^3 для серы) отмечаются на средней Волге и среднем Урале.

В мае концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м составляет около до 14 000 пг/м^3 для азота и 850 пг/м^3 для серы. На уровне 700 и 900 м – ареал распространения загрязняющих веществ суживается и ограничивается в основном территорией Казахстана, Узбекистана и Туркмении. На уровне 700 м основной очаг (с концентрацией 2000...2200 пг/м^3 для азота и 100...110 пг/м^3 для серы) прослеживается чуть восточнее объектов Компании. На уровне 900 м основные очаги с концентрацией (700...800 и 600...700 пг/м^3 для азота; 35...40 и 30...35 пг/м^3 для серы) располагаются соответственно восточнее объектов Компании и к юго-востоку от Аральского моря.

В **июне** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м практически не меняется и составляет около 14 000 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 850 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы. В верхних слоях пограничного слоя на уровне 700 и 900 м ареал распространения загрязняющих веществ ограничивается в основном западной частью Казахстана и Узбекистаном. На уровне 700 м основной очаг с концентрацией около 2400 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 110 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы располагается восточнее объектов Компании. На уровне 900 м основной очаг с концентрацией 800...900 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 40...45 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы прослеживается между объектами Компании и Аральским морем.

В **июле** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м увеличивается до 18 000 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 900 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы. На уровне 700 м ареал распространения загрязняющих веществ охватывает почти всю территорию Казахстана, Узбекистана, юг Урала и Западной Сибири. Основной очаг с концентрацией около 2200 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 110 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы располагается в районе объектов Компании. На уровне 900 м ареал распространения расширяется на север вплоть до центральных районов Западной Сибири и северо-востока европейской территории России. Основной очаг с концентрацией для азота свыше 600 и 30 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы располагается между объектами Компании и Астаной.

В **августе** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м еще более увеличивается до 22 000 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 1 100 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы. Характерной особенностью ареала распространения загрязняющих веществ на уровне 700 м является появление полей концентраций загрязняющих веществ от объектов Компании в направлении Москвы и Санкт-Петербурга. Основной очаг с концентрацией 3000 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 140 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы располагается в районе объектов Компании. На уровне 900 м отмечается дальнейшее расширение ареала распространения загрязняющих веществ на север европейской территории России. Основной очаг с концентрацией 1000 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 50 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы располагается чуть восточнее объектов Компании.

В **сентябре** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м уменьшается до 11 000 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 500 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы. Ареал распространения загрязняющих веществ захватывает северо-восток европейской России, большую часть территории Урала, Западной Сибири, Казахстана, Узбеки-

стана и Туркмении. Основные очаги на уровне 700 м с концентрацией 850 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 33 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы и располагаются восточнее объектов Компании и на западе Узбекистана. На уровне 900 м очаг на западе Узбекистана сохраняет свои позиции, но концентрация в нем снижается до 450 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и до 22 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы.

В октябре происходит дальнейшее уменьшение концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м до 8 500 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 350 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы. Основные очаги на уровне 700 м с концентрацией 450 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 22 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы смещаются на юго-восток к границам Киргизии. На уровне 900 м основной очаг с концентрацией 450 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 8 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы располагается на западе Узбекистана.

В ноябре концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м снова уменьшается до 5 500 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 270 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы. Ареал распространения практически не меняется. На уровне 700 м основной очаг с концентрацией 240 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 11 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы располагается на территории Туркмении. На уровне 900 м основной поток загрязняющих веществ направлен на запад Узбекистана, где концентрация азота превышает 80 $\mu\text{г}/\text{м}^3$, серы – 4 $\mu\text{г}/\text{м}^3$.

В декабре ареал распространения загрязняющих веществ существенно не меняется. Концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м составляет 7 000 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для азота и 330 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ для серы. На уровне 700 м больше всего азота (до 350 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ и серы до 18 $\mu\text{г}/\text{м}^3$) достается Астане и западным районам Узбекистана, на уровне 900 м – западным районам Узбекистана (110 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ азота и 4 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ серы).

В заключение можно сделать следующие основные выводы. Годовой ход концентрации загрязняющих веществ характеризуется хорошо выраженными максимумами в весенне-летний период и минимумами в осенне-зимнее время. Максимальные значения концентрации загрязняющих веществ в районе источника отмечаются на уровне 200 м. С высотой концентрация загрязняющих веществ резко уменьшается, тогда, как ареал распространения выбросов увеличивается. В приземном слое атмосферы (ниже 200 м) трансграничный перенос SO_2 и NO_2 отсутствует. На уровне 700 и 900 м основные потоки диоксида серы и азота направлены на восток и юго-восток. Во всех рассмотренных случаях уровень концентрации диоксида серы и азота на несколько порядков ниже предельно допустимых концентраций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 200 с.
2. Дегтярев А.И., Наумов А.Д и др. Информационно-аналитический комплекс для прогнозирования и мониторинга загрязнения атмосферы аэрозолями и газами антропогенного происхождения: Тез. докл. / 3-ий Международный аэрозольный симпозиум,. – 1996. – №.12.
3. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1984.
4. Кондратьев К.Я. Глобальная экология и требования к данным наблюдений. – СПб.: Наук, 1992.
5. РД. 52.04.186–89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М.: Гидрометеиздат, 1991. – 425 с.
6. Сальников В.Г. Актуальные проблемы трансграничного переноса загрязняющих веществ над территорией Казахстана // Вестник КазГУ. Серия географическая. – 2000. – № 9.
7. Сальников В.Г. Эколого-климатический потенциал Казахстана. – Алматы: Қазақ университеті, 2006. – 263 с.
8. Degtiarev A.I., Shtyreva N.V. Long range modelling of pollutant substances in the atmosphere // Air Pollution Modeling and its Application XIII. – 2000. – Kluwer Academic/Plenum Publisher. New York.
9. Documentation of the UB/NMC Eta model // WMO, Geneva, Switzerland, Federal hydrometeorological institute, Belgrade, Yugoslavia, 1997.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

МҰНАЙГАЗ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ ТАСТАЛЫМ КӨЗДЕРІНЕН ШЫҒАТЫН SO_2 ЖӘНЕ NO_2 ТАРАЛУЫНЫҢ САНДЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРІНІҢ ҚОРЫТЫНДЫЛАРЫ ТУРАЛЫ (ҚМГКО мысалында)

А.А. Скакова

Қарашығанақ газ конденсаторлық кен орыны мысалында мұнайгаз кен орындарының тасталым көздерінен шығатын SO_2 және NO_2 таралу ерекшеліктері: ластаушы заттардың концентрациясының жылдық жүрісі мен олардың биіктік бойынша таралу сипаттамасы зерттелген.

УДК 502.3: 658.5 «19/20» (574.5)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ШЫМКЕНТСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА ЗА 1990...2005 ГОДЫ

А.Д. Тажекова

В статье рассмотрено экологическое состояние воздушного бассейна Шымкентского промышленного центра. Шестнадцатилетний период условно можно разделить на два этапа. С 1989 по 1998 гг. отмечена тенденция уменьшения ИЗА₅, вследствие нестабильной работы промышленных предприятий в эти годы. С 1998 по 2005 год ИЗА₅ из года в год увеличивался, достигнув максимума в 2004 г. – 15,1. Весомая доля вредных выбросов приходится на промышленные предприятия нефтегазового, энергетического комплексов, а так же цветной металлургии.

По уровню загрязнения атмосферного воздуха г. Шымкент относится к числу наиболее загрязненных городов Республики Казахстан. Вредные вещества (ВВ) в атмосферу поступают от предприятий нефтеперерабатывающей промышленности, цветной металлургии, энергетики и автотранспорта.

Анализ состояния атмосферного воздуха исследуемого региона за 1990...2005 годы показал, что более 130 крупных предприятий области (7023 источника) загрязняют атмосферу своими выбросами [2]. К основным промышленным загрязнителям относятся: ОАО «Петро Ойл Казахстан Продактс», АО «Промышленная корпорация «Южполиметалл»», предприятия энергетики (ТЭЦ-1, 2, 3), АО «Шымкентцемент», АО «Шымкентфосфор» и др. [4].

Экономические трудности и энергетический кризис в конце 90-х годов, ведущий к частым отключениям электроэнергии и газа, не позволяли предприятиям работать стабильно. В связи с сокращением производства и осуществлением ряда воздухоохраных мероприятий с 1990 года наблюдается тенденция значительного снижения выбросов от стационарных источников. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу области сократились с 124,4 тыс. тонн в 1992 году до 26,6 тыс. тонн – в 1997 году,

а по городу Шымкенту с 78,6 тыс. тонн до 16,8 тыс. тонн (по данным Шымкентского городского агентства по статистике).

Для анализа изменения уровня загрязнения атмосферного воздуха Шымкентского промышленного центра был построен график изменения ИЗА₅ за 1990...2005 годы (по данным РГП «Казгидромет») и поступления в атмосферу выбросов от стационарных источников (по данным Шымкентского городского агентства по статистике) (рис.).

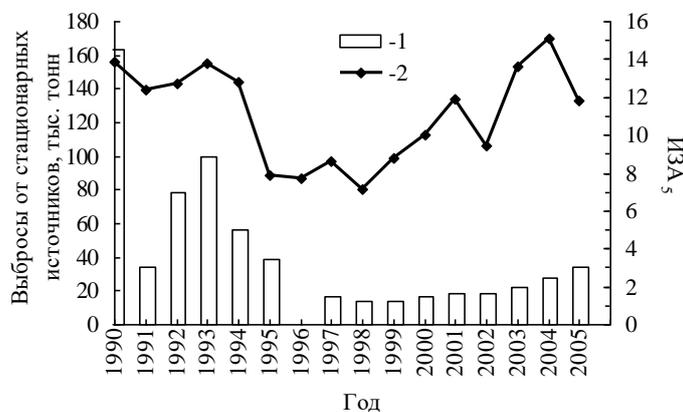


Рис. Многолетние изменения выбросов от стационарных источников (1) и индекса загрязнения атмосферы (2) г. Шымкента за 1990...2005 гг.

На рис. видно, что загрязненность воздуха г. Шымкента высокая. С 1990 по 1995 гг. наблюдается тенденция снижения ИЗА₅, что скорее всего связано с началом экономического кризиса. Затем с 1998 по 2004 гг. наблюдался рост ИЗА₅, достигнув максимального значения 15,1 в 2004 году. В период 1995...1998 гг. ИЗА₅ составил в среднем 7,8, что все-таки выше среднего республиканского показателя.

Наблюдения за состоянием загрязнения воздуха проводились на 4-х стационарных постах. Пробы воздуха отбираются три раза в сутки – в 07, 13 и 19 ч. Ниже приведен анализ загрязнения атмосферы г. Шымкента, составленный по данным ЮКЦГМ.

В 1990 г. в городе Шымкенте наблюдался экстремально высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха свинцом, когда концентрация содержания свинца в воздухе составила 53 ПДК (22.09.1990 г.). Это было вызвано нарушением технологического режима работы плавильных печей № 1, 2 на АО «ПК «Южполиметалл». ИЗА₅ в 1990 году составил 13,9, что выше среднереспубликанского показателя. Максимальная концентрация двуокиси азота достигала 5 ПДК, а содержание аммиака до 10 ПДК.

В 1991 г. индекс загрязнения атмосферы немного снизился с 13,9 в 1990 г. до 10,4 в 1991 г. Анализ данных наблюдений за состоянием загрязнения в городе Шымкенте в 1992 году показал, что ИЗА₅ вырос до 11,2. Средние концентрации пыли превышали предельно-допустимые концентрации (ПДК) и составили 3 ПДК, среднее содержание формальдегида также составило 3 ПДК, аммиака – 2 ПДК.

В 1993 г. вновь наблюдается рост загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА = 13,8). Это четвертый показатель по республике после городов Риддер, Алматы, Жезказган. Среднегодовые концентрации пыли составили 2 ПДК, диоксида азота – 1...1,5 ПДК, формальдегида – 4 ПДК, наибольшая среднегодовая концентрация аммиака – 2,5 ПДК по республике отмечена в Шымкенте, свинца – 1,6 ПДК.

В 1994 г. наблюдается некоторое снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха по сравнению с 1993 годом (ИЗА = 12,8). Среднегодовые концентрации пыли составили 1,3 ПДК, диоксида азота – 1,3 ПДК, аммиака – 1,3 ПДК, формальдегида – 3 ПДК, свинца – 2,4 ПДК.

Уровень загрязнения воздуха в 1995 г. снизился и был близок к среднему значению по городам республики (ИЗА = 7,9). Это можно объяснить спадом производства промышленных предприятий. Максимально разовые концентрации диоксида азота достигали 20,9 ПДК, оксида углерода 4,8 ПДК, аммиака 2,5 ПДК, пыли 2,4 ПДК, фтористого водорода 1,9 ПДК, формальдегида 1,7 ПДК, хлора 1,2 ПДК. Превышение максимально разовой концентрации диоксида азота связано с изменением режима топки (переход на резервное топливо) котельной, находящейся в микрорайоне № 12 (ПНЗ № 8). В результате нарушения технологического регламента (нестабильная подача сырья и топлива) в плавильной печи АО «ПК «Южполиметалл» наблюдалось превышение свинца до 153 ПДК. По данным подфакельных наблюдений выбросов АО «Шымкентфосфор» в радиусе 0,5 км концентрация фтористого водорода и оксидов фосфора составляли 1 ПДК.

В 1997 г. наблюдалось незначительное увеличение уровня загрязнения атмосферного воздуха с ИЗА = 7,7 (в 1996 г.) до ИЗА = 8,6. Средние концентрации пыли составили 2,0 ПДК, диоксида азота 1,2 ПДК, формальдегида 1,3 ПДК, свинца 2,7 ПДК. Случаев высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха в городе, когда превышений по свинцу до 5 ПДК наблюдалось 13 раз, а 10 ПДК – 14.

Индекс загрязнения воздушного бассейна в 1998 год составил 7,1, т.е. по сравнению с 1997 годом отмечалось некоторое его снижение. За первое полугодие 1998 г. состояние воздушного бассейна г. Шымкента характеризовалось следующими показателями: среднеполугодовая концентрация формальдегида составила 2 ПДК, пыли – 2 ПДК, диоксида азота – 1,5 ПДК. Максимальная концентрация диоксида азота составила 6,4 ПДК, окиси углерода – 3,4 ПДК, аммиака – 2,7 ПДК, формальдегида – 2,3 ПДК, пыли – 2,6 ПДК. В сентябре 1998 г. при проведении подфакельных наблюдений Южно-Казахстанским областным центром по гидрометеорологии в районе ОАО «Петро Ойл Казахстан Продактс», за границей санитарно-защитной зоны (в районе поселков Карабастау и Ворошиловка), были обнаружены случаи экстремально-высокого загрязнения (ЭВЗ) атмосферного воздуха ксилолом. Превышение предельно допустимых концентраций по ксилолу 24.09.98 г. составило 66,5 ПДК и 25.09.98 г. – 67,9 ПДК. Также в атмосферном воздухе были обнаружены углеводороды нефти, превышающие нормативы ПДК в 47,7 раза. Кроме того, в ходе проверки выявлено высокое загрязнение атмосферы толуолом, сероводородом и бензолом. При проведении подфакельных наблюдений в ноябре-декабре 1998 года также наблюдались случаи высокого загрязнения атмосферы ксилолом и сероводородом.

Превышение ПДК в атмосферном воздухе города по отдельным ингредиентам также связано с промышленной деятельностью АО «ПК «Южполиметалл». Это одно из старейших предприятий области, оборудование которого морально и физически устарело, но по причине финансовых трудностей, проведение реконструкции и переход на более экологически чистые технологии до настоящего времени не осуществлено. В дополнение к этому, частые отключения электроэнергии и газа, имевшие место в 1995...1998 годах, не позволяли предприятию работать стабильно. В связи с этим, на заводе не редко происходили залповые выбросы из плавильных печей, приводящие к высокому загрязнению атмосферы областного центра свинцом, превышению ПДК в атмосферном воздухе в несколько раз.

Значительное влияние на концентрации свинца и формальдегида в воздухе города оказывают выбросы автотранспорта, которые составили в 1997 г. 97,6 тыс. тонн (по г. Шымкенту – 68,4 тыс. тонн).

Начиная с 1999 г., отмечается тенденция роста загрязнения воздушного бассейна города Шымкента до 2004 г. с незначительным снижением в 2002 году. ИЗА₅ воздушного бассейна города в 1999 г. был 8,8.

Среднегодовые концентрации пыли составили 2,7 ПДК, оксида углерода 1,3 ПДК, диоксида азота 1,3 ПДК, формальдегида 2,3 ПДК. Максимально разовая концентрация оксида углерода составляла 3,2 ПДК, диоксида азота 3,5 ПДК, фтористого водорода 1,2 ПДК. При проведении наблюдений под факелом АО «ПК «Южполиметалл» на расстоянии 1,0 км от источника зарегистрирована максимальная из разовых концентраций диоксида серы, равная 8 ПДК.

В 2000 г. отмечен высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха ($ИЗА_5 = 10,0$). Среднегодовая концентрация пыли составляла 2,7 ПДК, оксида углерода 1,3 ПДК, диоксида азота 1,0 ПДК. Максимальные из разовых концентрации пыли составляли 3,4 ПДК, оксида углерода – 3,6 ПДК, диоксида азота 4,7 ПДК, сероводорода 1,5 ПДК, аммиака 1,7 ПДК, формальдегида 2,0 ПДК.

Индекс загрязнения атмосферы в 2001 г. – 11,9. Средние за этот год концентрации пыли составили 2,0 ПДК, формальдегида 4,3 ПДК, диоксида азота, оксида углерода 1,3 ПДК, диоксида серы, сероводорода, аммиака находились в пределах допустимой нормы.

Максимальные из разовых концентраций пыли достигали 3,8 ПДК, диоксида азота 4,9 ПДК, оксида углерода 3,8 ПДК, формальдегида 5,4 ПДК, аммиака 2,3 ПДК. В наибольшей степени воздух загрязнен вблизи магистралей с интенсивным движением транспорта (ПНЗ № 3, 8).

При проведении акции «В городе и без моей машины» с 21 по 23 сентября 2001 г. был проведен отбор проб атмосферного воздуха на загрязняющие вещества. Отбор проводили на автомагистралях, автобусных остановках, на центральных проспектах и улицах города. Максимальное содержание оксида углерода во время движения автотранспорта зарегистрировано 17 мг/м^3 , а во время акции, т.е. после остановки движения автотранспорта содержание его снизилось до 3 мг/м^3 . Наибольшее содержание формальдегида составило $0,210 \text{ мг/м}^3$ (до акции), а во время акции содержание его снизилось до $0,014 \text{ мг/м}^3$. Результаты вышеуказанных работ показывают, что в загрязнении атмосферного воздуха города помимо промышленных выбросов большой вклад вносит автотранспорт.

Значительный рост концентрации формальдегида отмечался в летние месяцы, что связано с увеличением интенсивности движения автотранспорта, плохим качеством бензина и плохим состоянием дорог. Наибольшая концентрация формальдегида обнаружена в районе пивного завода (ПНЗ № 8) и площади Ордабасы (ПНЗ № 2). Рост концентрации

диоксида азота и оксида углерода связан с увеличением расхода жидкого топлива на ТЭЦ и использованием твердого топлива частным сектором и котельными. Высокая повторяемость приземных инверсий температуры, слабая скорость ветра и туманы способствовали накоплению вредных примесей в приземном слое атмосферы.

Высокое загрязнение тяжелыми металлами наблюдалось в районе расположения ПНЗ №1 (по улице Абая), находящегося под воздействием выбросов АО «ПК «Южполиметалл». Среднегодовая концентрация свинца составила $0,0005 \text{ мг/м}^3$, что превышает допустимую норму в 2 раза. Максимальное содержание свинца зарегистрировано $0,0025 \text{ мг/м}^3$ (8,4 ПДК). Содержание среднегодовой концентрации кадмия, меди, цинка, никеля находилось ниже ПДК. Однако максимальное из разовых значений меди доходило до 2,5 ПДК, никеля 1,4 ПДК.

По сравнению с 2000 годом наблюдается увеличение содержания в воздухе формальдегида, пыли, диоксида серы, сероводорода и аммиака.

За пять лет (1997...2001 г.г.) уровень загрязнения пылью, сероводородом, диоксидом серы, аммиаком и формальдегидом возрос, а оксидом углерода и диоксидом азота снизился.

Средние за 2002 год концентрации пыли составили 2,0 ПДК, формальдегида 3,0 ПДК, диоксида азота, оксида углерода 1,3 ПДК, диоксид серы, сероводород, аммиак находились в пределах допустимой нормы.

Максимально-разовые концентрации пыли достигали 2,4 ПДК, диоксида азота 6,4 ПДК, оксида углерода 2,2 ПДК, формальдегида 4,7 ПДК, аммиака 2,3 ПДК.

Значительный рост концентрации формальдегида отмечался в осенние месяцы, наибольшая концентрация формальдегида обнаружена в районе АО «Шымкентцемент» (ПНЗ № 3) и площади Ордабасы (ПНЗ № 2).

Среднегодовая концентрация свинца составила $0,0009 \text{ мг/м}^3$, что превышает допустимую норму в 3 раза. Максимальное содержание свинца зарегистрировано $0,0023 \text{ г/м}^3$ (7,7 ПДК) в районе ПНЗ № 1, который находится в зоне влияния АО «ПК «Южполиметалл». Содержание среднегодовой концентрации кадмия, меди, цинка, никеля находилось ниже предела допустимой концентрации. Однако максимальное из среднесуточных значений кадмия превышало норму в 6 раз, а меди в 3,2 раза.

По сравнению с 2001 годом наблюдается уменьшение содержания в воздухе формальдегида, пыли, диоксида серы, сероводорода и аммиака.

За 1998...2002 г.г. уровень загрязнения пылью, окисью углерода, диоксидом азота снизился, а диоксидом серы, аммиаком и формальдегидом возрос. Уровень сероводорода остался без изменения.

Согласно программе промышленного мониторинга, в 2002 г. проводились подфакельные наблюдения за выбросами АО «ПК «Южполиметалл»» и АО «Шымкентцемент». Наблюдения велись на диоксид серы, свинец, диоксид азота, оксид углерода. Кроме того, было проведено обследование жилых массивов города (112 квартал, микрорайоны № 16, 17, «Отырар»). Максимальные значения из разовых концентраций пыли (АО «Шымкентцемент») достигали 4 ПДК, диоксида азота 6 ПДК, формальдегида 4 ПДК.

Содержание тяжелых металлов в районе АО «ПК «Южполиметалл»» остается высоким. Максимальные значения из разовых концентраций свинца достигали 30 ПДК ($0,0090 \text{ мг/м}^3$). Содержание концентрации кадмия, меди, цинка, никеля находилось на уровне допустимой нормы.

В жилом массиве, результаты маршрутных наблюдений показывали высокие концентрации диоксида азота (3 ПДК), оксида углерода (2 ПДК), формальдегида (5 ПДК). Это связано с выбросами автотранспорта, сжиганием угля и мусора в частном секторе, деятельностью ТЭЦ и малых котельных.

Средние за 2003 год концентрации пыли составили 2,0 ПДК, формальдегида 5,0 ПДК, диоксида азота, аммиак 1,3 ПДК, диоксида серы, окись углерода, сероводорода, аммиака находились в пределах допустимой нормы.

Максимальные из разовых концентраций пыли достигали 1,6 ПДК, диоксида азота 7,2 ПДК, оксида углерода 2,2 ПДК, формальдегида 2,6 ПДК, аммиака 4,9 ПДК. В наибольшей степени воздух был загрязнен вблизи магистрали с интенсивным движением транспорта (ПНЗ № 2, 3, 8).

По сравнению с 2002 годом наблюдается увеличение содержания в воздухе формальдегида, диоксида азота и аммиака.

За 1999...2003 г.г. уровень загрязнения пылью, окисью углерода снизился, а диоксидом серы, аммиаком и формальдегидом значительно возрос. Уровень диоксида азота и сероводорода остался без изменений.

Согласно программе промышленного мониторинга, в 2003 году проводились подфакельные наблюдения за выбросами АО «Петро Ойл Казахстан Продактс», АО «ПК «Южполиметалл»» и АО «Шымкентце-

мент». Наблюдения велись на взвешенные вещества, диоксид серы, свинец, диоксид азота, оксид углерода. Всего отобрано 247 проб.

Максимальное из разовых концентраций пыли (АО «ПК «Южполиметалл») достигали 2,7 ПДК, диоксида азота 2,5 ПДК, формальдегида 7,7 ПДК. Содержание тяжелых металлов в районе АО «ПК «Южполиметалл» не определялось из-за отсутствия прибора.

В 2004 году ИЗА₅ в Шымкентском промышленном центре составил 15,1, что являлось максимальным значением по республике, «опережая» такие города, как Алматы и Усть-Каменогорск. Возможно это связано с ростом производственной деятельности, увеличением количества автотранспорта, интенсивным ведением строительства. Средние за 2004 год концентрации пыли составили 2,0 ПДК, формальдегида 5,3 ПДК, диоксида азота 1,8 ПДК, аммиака 1,0 ПДК, диоксид серы, окись углерода, сероводород находились в пределах допустимой нормы.

Максимальные значения из разовых концентраций пыли достигали 2,6 ПДК, диоксида азота 11,9 ПДК, оксида углерода 3,2 ПДК, формальдегида 6,9 ПДК, аммиака 1,3 ПДК. Наибольшая концентрация формальдегида зафиксирована снова в районе площади Ордабасы (ПНЗ № 2), где сосредоточено большое количество магазинов стройматериалов и лакокрасочных изделий. Формальдегид, как известно, также поступает в атмосферу от испарений лакокрасочных изделий [4]. По сравнению с 2003 годом наблюдается увеличение содержания в воздухе формальдегида и диоксида азота.

За 2000...2004 г.г. уровень загрязнения пылью, окисью углерода снизился, а диоксидом серы, аммиаком значительно возрос.

По сравнению с 2004 в 2005 году отмечалось уменьшение ИЗА₅ до 11,8. Средняя концентрация пыли в 2005 году составила 1,3 ПДК, формальдегида 4,3 ПДК, диоксида азота 1,5 ПДК и аммиака 1,0 ПДК. Взвешенные вещества превышают максимальную норму по всем постам, что связано с наличием пыльной бури (18.06.2005 г.). Концентрация пыли на ПНЗ № 1 превышала допустимую норму в 29,8 раза, на ПНЗ № 2 в 21 раз, на ПНЗ № 3 в 8,4 раза и на ПНЗ № 8 в 10,6 раз. Наибольшее превышение пыли на ПНЗ №1 связано с вторичным загрязнением атмосферного воздуха тяжелыми металлами АО «ПК «Южполиметалл». Максимальная из разовых концентраций диоксида азота зарегистрирована на ПНЗ № 3 и содержание его превышает норму в 23,9 раза, окиси углерода в 4,8 раза (в декабре), сероводорода в 3,1 раза (ПНЗ № 3) и формальдегида в 2,5 раза (на ПНЗ № 2). Остальные ингредиенты находились в пределах допустимой нормы.

За 2001...2005 гг. уровень загрязнения пылью, окисью углерода, диоксидом азота, сероводородом и формальдегидом снизился, а диоксидом серы возрос. В 2005 году ВЗ и ЭВЗ атмосферного воздуха не обнаружено.

По результатам исследовательских работ, проведенных городской СЭС, здоровье горожан ухудшается из года в год. Особенно заметен рост числа различных заболеваний в тех районах, которые находятся в зоне влияния АО «ПК «Южполиметалл», АО «Шымкентфосфор». Увеличивается число страдающих злокачественными опухолями, гипертонией, болезнями дыхательных путей и пищеварения, сердечной недостаточностью. Врачи не скрывают, что распространение хронического гастрита и болезней нервной системы среди взрослых непосредственно связано с попаданием таких ядовитых химических веществ, как фтористый ангидрид, фосфорный водород.

Осложнение экологической ситуации способствует увеличению болезней верхних дыхательных путей, неврита и невроза у малолетних детей. Этой же причиной объясняется рост числа мертворожденных младенцев. От ядовитых соединений, провоцирующих самые различные заболевания, в первую очередь страдают дети и беременные женщины [1].

Ухудшение экологического состояния атмосферы влияет на здоровье людей и окружающую среду, что требует пересмотра и незамедлительного решения многих проблем, усилению контроля и проведению воздухоохраных мероприятий.

Подводя итоги анализа экологического состояния воздушного бассейна Шымкентского промышленного центра за период 1990...2005 гг., автор пришел к следующим выводам:

- с 1990 по 1998 годы отмечена тенденция уменьшения $ИЗА_5$, связанная с уменьшением выбросов в атмосферу за счет спада производственных мощностей промышленных предприятий. С 1998 года наблюдается устойчивый рост загрязнения атмосферы, с некоторым уменьшением в 2002 году;

- в 2003...2004 годах загрязнение воздушного бассейна города Шымкента достигло максимальных значений по Республике, «опережая» такие города, как Алматы, Караганда, Усть-Каменогорск;

- основными веществами загрязняющими атмосферный воздух Шымкентского промышленного центра являются – пыль, диоксид азота, оксид углерода, формальдегид, летучие органические соединения, диоксид серы и вещество 1 класса опасности – свинец [3];

- весомая доля вредных выбросов приходится на промышленные предприятия, таких как, АО «Петро Ойл Казахстан Продактс», АО «Промышленная корпорация «Южполиметалл», АО «Энергоцентр-3», АО «Шымкентцемент» [4];

- в последние годы отмечается увеличение выбросов ЗВ поступающих в атмосферу от автотранспорта, что связано с увеличением его количества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айнабеков Е.Л. Город и химия. // Заря. – 1990. – № 6.– С. 12-13.
2. Оңтүстік Қазақстан облысы: Энциклопедия / Бас редактор Б.Ғ. Аяған. – Алматы: «Қазақ энциклопедиясы» ЖШС, 2005. – 560 бет.
3. Тажекова А.Д. Распределение среднемесячных концентраций основных загрязняющих веществ в атмосфере Шымкентского промышленного центра. / В сб. Материалы международной научно-методической конференции. – Шымкент, 2007.
4. Тажекова А.Д. Вклад промышленных предприятий города Шымкента в загрязнение атмосферного воздуха. / В сб. Материалы Республиканской научно-практической конференции «Совершенствование качества подготовки педагогических кадров на основе эффективного использования инновационных технологий обучения». – Шымкент, 2007. – С. 342-348.
5. Чигаркин А.В. Геоэкология Казахстана. – Алматы: Қазақ университеті, 2006. – 413 с.

Институт географии, г. Алматы

ШЫМКЕНТ ҚАЛАСЫ ӨНЕРКӘСІП ОРТАЛЫҒЫНЫҢ 1990...2005 ЖЫЛДАР АРАЛЫҒЫНДАҒЫ АУА БАССЕЙНІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНА БАҒА БЕРУ

А.Д. Тажекова

Өнеркәсіптің және көліктің қарқынды даму кезеңінде атмосфераны ластанудан қорғау тұрақты дамудың негізгі мәселесіне айналды. Бұл мақалада Қазақстан Республикасының ірі өнеркәсіптік орталықтарының бірі – Шымкент қаласының 1990...2005 жылдар аралығындағы ауа бассейнін ластайтын заттар мен экологиялық жағдайы қарастырылған.

УДК 556.5.114 (075.8)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО
ОБОБЩЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ И
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ
УСТОЙЧИВОСТИ РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Доктор техн. наук

М.Ж. Бурлибаев*

Д.М. Бурлибаева**

В современных условиях является доказанным фактом зависимость развития речной экосистемы от гидрологического режима водотоков, в том числе от гидрохимического и гидробиологического. В связи с антропогенным изменением гидрологического режима практически всех крупных водотоков Казахстана в настоящее время встает задача разработки новой концепции эколого-адаптационного природопользования. При этом для целей восстановления деградированной речной экосистемы особое внимание будет уделено использованию современных методов пространственного обобщения гидрометеорологической и экологической информации. В настоящей статье предлагается новый подход для решения поставленной задачи.

Пространственное обобщение гидрометеорологической и экологической информации является заключительным этапом статистической обработки результатов наблюдений с их представлением в виде информационных полей. Основное содержание пространственного обобщения информации: оценка статистических показателей пространственной структуры полей, картирование и районирование метеорологических, климатических, гидрологических и эколого-ландшафтных характеристик. Исследование элементов пространственной структуры приобретает важное значение, в связи с необходимостью представления рассматриваемой информации непосредственно в границах природно-экономических (административных) районов, осуществление программы природно-климатического мониторинга и экологического аудита. Поля гидрометеорологических и экологических элементов обычно задаются данными в отдельных точках пространства (опытными по отдельным пунктам или проинтерполированными в узлы регулярной сетки с помощью объективного анализа). Поскольку, каждое значение элемента в координатах поля представлено слу-

чайным элементом выборки, то такие информационные поля элементов являются случайными полями. Для описания совокупности рядов в пространстве, используются корреляционные, ковариационные и спектральные функции. Данные функции однозначно связаны между собой и равно пригодны для описания статистической структуры полей элементов, но на практике чаще используются пространственные корреляционные функции (ПКФ) – как более точные, универсальные, менее зависимые от колебаний сезонного и географического характера. Пространственные корреляционные функции случайного поля $M(\varphi_j, \lambda_j, t_i)$, в общем случае, характеризуются зависимостью:

$$r_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{jk}} (M_{ij} - \bar{M}_j) \cdot (M_{ik} - \bar{M}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_{jk}} (M_{ij} - \bar{M}_j)^2 \cdot \sum_{i=1}^{n_{jk}} (M_{ik} - \bar{M}_k)^2}}, \quad (1)$$

в которой M_{ij} – значение элемента гидрометеорологического поля в j -ой точке с координатами φ_j и λ_j в i -ый интервал времени; \bar{M}_j – норма гидрометеорологической величины в j -ой точке; n_{jk} – количество интервалов совместных наблюдений за элементом поля. Практический интерес представляют однородные и изотропные поля. Однородными являются поля с одинаковыми законами распределения вероятностей той или иной величины во всех координатах поля (равенство одноточечных характеристик средних и дисперсий). Если пространственная корреляционная функция поля зависит только от расстояния между рассматриваемыми точками и не зависит от направления между ними, то поле считается изотропным. В случае невыполнения этих условий, говорят об однородности и изотропности поля только относительно пространственных корреляционных функций. Для однородных и изотропных полей ПКФ зависит только от расстояния между наблюдаемыми точками, т. е. $R = R(\rho)$. Однако для реальных информационных полей, из-за сложности их структуры, характерна локальная однородность и локальная изотропность, т. е. однородность и изотропность в пределах пространственных и временных моментов, характерных для исследуемых процессов. В зависимости от этого, рассматриваются микро-, мезооднородность – изотропность в пределах от нескольких километров до сотен километров и макрооднородность – изотропность от сотен километров и далее. Это связано с тем, что в отличие

от микро- и мезоизменчивости, макроизменчивость вызывается, по существу, принципиально иными причинами, связанными с глобальными процессами циркуляции атмосферы, физическая природа которых отличается от природы микро- и мезомасштабных процессов. В случае мезо-, макро- масштабных явлений, условия локальной однородности выполняются лишь в горизонтальном направлении, как правило, до расстояний не более 2000 км, хотя для ряда метеорологических полей (осадки, запасы воды в снеге и др.) однородность (изотропность) нарушается на гораздо меньших расстояниях. В любом случае, это происходит из-за существования неоднородности полей гидрометеорологических элементов в горизонтальном направлении [1, 2, 3].

Оценка статистической структуры поля

Кроме пространственных корреляционных функций, к числу наиболее важных статистических характеристик, описывающих пространственную структуру гидрометеорологических и экологических полей, относятся кривая распределения в пространстве (ее параметры – средняя арифметическая – \bar{X}_F , и дисперсия – σ_F по площади – F), коэффициент аномальности поля, пространственная структурная функция, а также показатели сходства и различия полей. Осреднение используется как способ получения результатов для сравнения фоновых характеристик рассматриваемых элементов в отдельных районах или их изменений на больших территориях. Осреднение – необходимый этап обобщения исходных данных при анализе полей гидрометеорологических элементов в силу их большой пространственной изменчивости. Существует множество способов площадного осреднения, но наиболее часто используются методы среднего арифметического взвешивания по площадям – квадратам, изолиний и оптимального осреднения. Обобщенное выражение для оценки средних по площади записывается в виде [Колде, 1991]:

$$\bar{X}_F = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot x_i(\varphi_i, \lambda_i), \quad (2)$$

где \bar{X}_F – среднее значение рассматриваемого элемента по площади; $X_i(\varphi_i, \lambda_i)$ – значение элемента в точке с координатами φ_i, λ_i ; α_i – коэффициент, зависящий от веса и способа осреднения; n – число метеостанций, используемых при осреднении. При равномерном расположении метео-, мониторинговых станций в условиях равнинного рельефа (когда веса $\alpha_i \approx 1$), чаще всего используется метод арифметического осреднения:

$$\bar{X}_F = \frac{\sum_{i=1}^n x_i(\varphi_i, \lambda_i)}{n}. \quad (3)$$

Арифметическая сумма по методу взвешивания по площадям (метод полигонов) вычисляется как:

$$\bar{X}_F = \sum_{i=1}^n X_i(\varphi_i, \lambda_i) \cdot F_i / \sum_{i=1}^n F_i, \quad (4)$$

где F_i – площадь полигона, относящаяся к метео-, мониторинговой станции $X_i(\varphi_i, \lambda_i)$.

При неравномерном распределении пунктов по площади целесообразно применять метод квадратов, который при использовании ЭВМ называется еще методом оптимальной интерполяции. По методу квадратов исследуемая площадь разбивается на регулярную сеть квадратов или точек, данные в которых определяются путем осреднения наблюдаемых значений непосредственно в квадратах или снимаются с карт изолиний. В последующем, для определения \bar{X}_F , производится осреднение характеристики по формуле (2). В методе оптимальной интерполяции весовые множители P_j находятся, при наличии сведений о статистической структуре поля, путем решения системы уравнений:

$$\sum_{j=1}^n P_j \cdot R_{ij} = R_{0i}, \text{ при } (i = 1, 2, \dots, n), \quad (5)$$

или в случае, когда учитывается ошибка наблюдений $\Delta f(\rho_i = 0)$ в точке, при $(\rho_i = 0)$, по соотношению:

$$\sum_{j=1}^n P_j \cdot R_{ij} + P_j \cdot \eta_j^2 = R_{0i}, \text{ при } (i = 1, 2, \dots, n), \quad (6)$$

в котором $\eta_j^2 = \sigma_{\Delta_i}^2 / \sigma_i^2$ – мера ошибок наблюдений в j -ой точке; R_{0i} , R_{ij} – значения коэффициентов корреляции истинных значений исследуемой характеристики в точках j и 0. Оценка пространственной дисперсии σ_F^2 , как правило, рассчитывается по формуле, аналогичной обычной формуле оценки дисперсии для случайной выборки:

$$\sigma_F^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i(\varphi_i, \lambda_i) - \bar{X}_F)^2}{n}. \quad (7)$$

При обработке исходных данных возникает необходимость оценить степень аномальности поля. Оценку аномальности поля можно вести, исходя из отклонений значений элемента от средней в отдельных точках поля (аномалий) по повторяемости аномалий, по весу площади, занимаемой аномалией и т. д. Одной из распространенных, хотя и несколько формальных характеристик, является коэффициент аномальности поля, предложенный А.Н. Багровым:

$$A = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(x_i(\varphi_i, \lambda_i) - \bar{X})^2}{\sigma_i^2}, \quad (8)$$

где $X_i(\varphi_i, \lambda_i) - \bar{X}$ – аномалия; σ_i^2 – дисперсия поля в i -той точке.

Предполагается, что число точек n достаточно велико, и они расположены относительно равномерно по территории. В каждой отдельной реализации случайного поля величина X_i в координатах φ_i и λ_i принимает то или иное значение, в связи с чем возникает вопрос, насколько близки к нему значения x_j в окружающих точках. Полное статистическое описание одновременного поведения случайного поля требует задания многомерных функций распределения, что осложняет объективное решение задачи описания и интерполяции. На практике ограничиваются более простыми характеристиками в виде ПКФ – $R = f(\rho)$. ПКФ принимает максимальное значение при $\rho = 0$, с увеличением расстояния $R = f(\rho)$ – убывает. При очень больших расстояниях между метео-, мониторинговыми станциями, связь между элементами практически отсутствует, приближаясь к нулю.

Алгоритм расчета ПКФ предусматривает проведение следующих операций [Бурлибаев, Волчек, 1988]:

1) составление матрицы гидрологической характеристики на k – станциях за N – лет:

$$\|M_{ij}\|, \text{ при } i = \overline{1, N_j}; j = \overline{1, k}; \quad (9)$$

2) расчет одноточечных моментов по всем рядам наблюдений –

а) среднее для каждого пункта

$$\bar{M}_j = \frac{1}{N_j} \cdot \sum_{i=1}^{N_j} M_{ij}; \quad (10)$$

б) среднеквадратическое отклонение

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{N_j} \cdot \sum_{i=1}^{N_j} (M_{ij} - \bar{M}_j)^2}; \quad (11)$$

в) среднее квадратическое отклонение выборочной средней арифметической

$$\bar{\sigma}_j = \sigma_j / \sqrt{N_j}; \quad (12)$$

г) коэффициент вариации

$$C_{V_j} = \sigma_j / \bar{M}_j; \quad (13)$$

д) среднее квадратическое отклонение коэффициента вариации

$$\sigma_{C_{V_j}} = \sqrt{\frac{1 + C_{V_j}^2}{2 \cdot N_j}}; \quad (14)$$

3) оценка коэффициентов парной корреляции за совместный период наблюдений

$$r_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{jk}} (x_{ik} - \bar{X}_k) \cdot (x_{ij} - \bar{X}_j)}{\sigma_k \cdot \sigma_j \cdot n_{jk}}; \quad (15)$$

4) осреднение парных коэффициентов корреляции по градациям расстояний $\Delta\rho$ (с учетом числа попаданий – k_j в j -градацию)

$$\bar{r}_j = \frac{\sum_{i=1}^{k_j} r_{ji} \cdot n_{ji}}{\sum_{i=1}^{k_j} n_{ji}}; \quad (16)$$

5) аппроксимация ПКФ, по всей совокупности коэффициентов корреляции или по средневзвешенным значениям, зависимостями различного типа, выбор которых производится по критерию минимальной остаточной дисперсии и критерию Фишера

$$R(\rho) = \begin{cases} R(0) - \alpha \cdot \rho, \\ \exp(-\alpha \cdot \rho^\beta), \\ (1 + \alpha \cdot \rho) \cdot (\exp - \alpha \cdot \rho), \\ R(0) \cdot \exp(-\rho / \rho_0)^n, \\ \frac{\sin(\beta \cdot \rho)}{\beta \cdot \rho} \cdot \exp(-\alpha \cdot \rho), \\ \exp(-\alpha \cdot \rho) \cdot \cos(\beta \cdot \rho); \end{cases} \quad (17)$$

6) оценка ошибки взвешенных средних коэффициентов корреляции по соотношению

$$\sigma_{r_{jk}} = \frac{1 - \bar{r}_j^{-2}}{\sqrt{n_j - 1}}, \quad (18)$$

а для распределения величины:

$$Z_j = \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{1 + \bar{r}_j}{1 - \bar{r}_j} + \frac{\bar{r}_j}{2 \cdot (n - 1)}, \quad (19)$$

оценка ошибки –

$$\sigma_{Z_{jk}} = 1 / \sqrt{n_j - 3}; \quad (20)$$

7) построение соответствующих доверительных интервалов при соответствующих уровнях доверительной вероятности

$$\bar{Z}(\rho_{jk}) - t_{1-P} \cdot \sigma_{Z_{jk}} < Z_{jk} < \bar{Z}(\rho_{jk}) + t_{1-P} \cdot \sigma_{Z_{jk}}, \quad (21)$$

где $t_{1-P} = (Z_{jk} - \bar{Z}(\rho_{jk})) / \sigma_{Z_{jk}}$ – квантиль нормального распределения при заданной доверительной вероятности $(1 - P)$;

8) оценка пространственной однородности ПКФ выполняется на основе критериев согласия Колмогорова χ^2 , ω^2 , по распределению Фишера или каким-либо другим способом.

Оценка точности характеристик статистической структуры поля

Расчет статистических характеристик гидрометеорологических и эколого-ландшафтных полей по ограниченному объему данных не позволяет получить генеральное значение, а дает лишь их оценки. Для практических целей важно знать точность, с которой получены оценки статистической структуры поля. Кроме того, вследствие неоднородности исходных данных и нестационарности материалов наблюдений, связанных с особенностями измерений, условиями макро- и мезо процессов (масштабы которых меньше пространственно-временного разрешения системы наблюдений) имеют место определенные неточности (систематические погрешности). Разделить ошибки за счет указанных факторов зачастую невозможно, и приходится их объединять под общим названием случайные ошибки. При измерении или вычислении величины в точке получается не истинное ее значение, а некоторая величина:

$$M'_k = M_k \pm \Delta_{M_k}. \quad (22)$$

Ошибка Δ_{M_k} включает в себя систематическую погрешность $\bar{\Delta}_{M_k}$, одинаковую для всех измерений или вычислений в аналогичных

условиях, и случайную величину δ_{M_k} , которая может принимать различные значения

$$\Delta_{M_k} = \bar{\Delta}_{M_k} + \delta_{M_k}. \quad (23)$$

Погрешность в определении гидрометеорологических элементов составляет:

$$\bar{\sigma}_{M_k}^2 = (M'_k - \bar{M}_k)^2 = \sigma_{M_k}^2 + \Delta_k^2 = \sigma_{M_k}^2 \cdot (1 + \eta_{M_k}^2), \quad (24)$$

где Δ_k^2 – дисперсия ошибок наблюдений; $\eta_{M_k} = \Delta_k^2 / \sigma_{M_k}^2$ – мера случайных погрешностей в исходных данных.

Средняя величина, вычисленная по реальным данным, изменяется лишь при наличии систематической погрешности $\bar{\Delta}_{M_k}$. На дисперсию наличие систематических погрешностей не оказывает влияния, но она завышается на величину, равную дисперсии ошибок измерения. С коэффициентами корреляции:

$$\bar{r}_{jk} = r_{jk} \cdot \sqrt{\frac{1 + \eta_{M_j}^2}{1 + \eta_{M_k}^2}}, \quad (25)$$

дело обстоит иначе. Здесь наличие ошибок в исходных данных, как правило, приводит к их занижению. В случае однородных и изотропных полей, естественно считать одинаковыми в разных точках и меры ошибок в исходных данных, следовательно,

$$R(\rho) = \frac{R(0)}{1 + \eta_M^2}, \quad (26)$$

где $R(0)$ – экстраполированное значение эмпирической ПКФ до значения $\rho = 0$. Отметим также, что при уменьшении расстояния ρ , корреляционная функция $R(\rho)$ стремится не к 1, а к некоторой положительной величине:

$$\bar{R}(0) = \frac{1}{1 + \eta_M^2}. \quad (27)$$

Исходя из этого, значения эмпирических функций на малых расстояниях могут быть использованы для оценки точности исходных данных. Величина $R(0)$ получается путем экстраполяции $R(\rho)$ при малых значениях аргумента. После этого можно получить:

$$\eta_M^2 = \frac{(1 - R(0))}{R(0)}. \quad (28)$$

В итоге, приведение эмпирической корреляционной функции теоретически осуществляется по формуле

$$R(\rho) = \frac{\tilde{R}(\rho)}{R(0)}. \quad (29)$$

Наряду с систематическими погрешностями за счет ошибок наблюдений, возможны искажения характеристик статистической структуры полей элементов из-за недостаточных объемов выборок экспериментальных данных, а также из-за различной длины их статистических моментов. Поэтому, определенные на эмпирическом материале, значения ПКФ всегда имеют разброс и перед их использованием приходится проводить сглаживание. Алгоритм сглаживания содержит в себе осреднение коэффициентов корреляции для всех пар точек, попавших в некоторую градацию по расстоянию. Полученные значения корреляционной функции сглаживаются для того, чтобы согласовать значения для различных градаций, что позволяет уточнить характеристики для некоторых, недостаточно статистически обеспеченных градаций. В большинстве случаев, довольно надежные результаты получаются при простом арифметическом осреднении коэффициентов корреляции. Но при достаточно высокой связности ($r > 0,8$) необходимо учитывать несимметричность распределения выборочных коэффициентов корреляции, которое приводит к тому, что более высокие их значения являются более точными и должны учитываться с большим весом. В этом случае, предлагается осуществлять осреднение не самих коэффициентов корреляции, а величин Z , получаемых путем преобразования Z -Фишера (19). Распределение величин Z_j , как правило, существенно ближе к нормальному закону, и их осреднение является более оправданным. После осреднения величин Z_j по градациям расстояний, соответствующие значения коэффициента корреляции получаются путем обратного преобразования: $\bar{r} = th(\bar{Z})$. Расчеты характеристик пространственной структуры связаны с учетом однородности и изотропности, особенно, при использовании ПКФ для решения ряда практических задач [Рождественский, Чеботарев, 1974]. Если однородность и / или изотропность поля нарушаются, точность определения коэффициентов корреляции по ПКФ снижается, что, естественно, сказывается, в целом, на результатах расчетов. Наибольшее практическое распространение получил следующий подход к решению задачи оценки однородности и изотропности. С помощью каких-либо статистических критериев оценивается степень

разброса точек на ПКФ. Если разброс точек невелик и удовлетворяет выбранному статистическому критерию, поле считается однородным и изотропным. Необходимым и достаточным условием однородности корреляционной функции в пределах рассматриваемого района по критерию Г.А. Алексеева является выполнение неравенства:

$$\left| z_{jk} - \bar{Z}(\rho_{jk}) \right| \geq \sigma_{z_{jk}} \approx 31,7\% \text{ или } \geq 2 \cdot \sigma_{z_{jk}} \approx 4,6\% , \quad (30)$$

где 31,7 % и 4,6 %, соответственно, число случаев от общего числа $C^2(p) = p \cdot (p-1)/2$ эмпирических значений. Другими словами, в пределах квантилей нормального распределения $t = 1$, $t = 2$, общее эмпирическое число превышений K_{ρ} должно быть теоретически (по нормальному закону распределения) равно числу превышений, т. е.

$$K_{\rho}(1) \approx 0,317 \cdot C_{\rho}^2 = 0,317 \cdot n \cdot (n-1)/2 ; \quad (31)$$

$$K_{\rho}(2) \approx 0,046 \cdot C_{\rho}^2 = 0,046 \cdot n \cdot (n-1)/2 , \quad (32)$$

где n – число пунктов наблюдений по территории.

При больших расхождениях между теоретическими и эмпирическими вероятностями «нулевая» гипотеза отвергается и признается альтернативная гипотеза «неоднородности» эмпирической пространственной корреляционной функции. В этом случае, поле рассматриваемого элемента должно быть уменьшено. Проверка однородности и изотропности, при этом, повторяется. Кроме того, в некоторых случаях исключаются пункты, вызывающие неоднородность статистической структуры полей элементов. Однако следует отметить, что достижение однородности и изотропности поля путем исключения части информации, если не проводится специальных исследований по поводу достоверности данных, не всегда правомерно, так как исключение данных приводит к утере ценной, возможно, реальной информации. Альтернативой может служить подход, который основан на выяснении генетических причин разброса точек и решении задач на случай неоднородного и анизотропного поля. ПКФ анизотропного поля зависят не только от расстояния между точками, но и от направления, их связывающего. На использовании этого условия разработана методика оценки изотропности путем анализа схем изокоррелят, построенных относительно различных пунктов–центров корреляции. Этот метод, хотя и наглядный, но трудоемкий, поскольку требует обработки большого объема информации вручную. В связи с этим, следует отметить более наглядный способ представле-

ния пространственной связности поля по развернутым пространственным корреляционным функциям (РПКФ). В соответствии с этим методом, осреднение коэффициентов корреляции осуществляется не только по градициям расстояний, но и в зависимости от направления между метеостанциями, которое отсчитывается от параллели или меридиана. Для получаемой, таким образом, трехмерной поверхности строятся линии равных уровней (изокорреляты). Если линии уровня РПКФ близки к окружностям, принимается гипотеза об изотропности поля; в общем случае, по форме изокоррелят можно наглядно проследить направления большей и меньшей связности поля, т.е. проанализировать характер его анизотропности. В отличие от изокоррелят, построенных относительно отдельных станций, линии уровня РПКФ получаются путем осреднения всех индивидуальных изокоррелят, в силу чего, несущественные индивидуальные детали сглаживаются и четко проявляются основные закономерности анизотропности поля.

Примеры комплексного анализа статистической структуры гидрометеорологических полей и экологических ареалов

Рассмотрим сущность анализа статистической структуры поля на примере речного стока и атмосферных осадков одного из регионов. Пусть случайное поле $\xi(\rho)$ представлено в виде независимых составляющих $\xi(\rho) = \eta(\rho) + \delta(\rho)$, где $\eta(\rho)$ – мелкомасштабная, $\delta(\rho)$ – крупномасштабная составляющие, то его корреляционная функция, обладающая свойством аддитивности по отношению к независимым составляющим поля, может быть представлена как $R_{\xi}(\rho) = R_{\eta}(\rho) + R_{\delta}(\rho)$. Для выявления соотношений между мелкомасштабной и крупномасштабной составляющими строятся эмпирические ПКФ по эмпирическим коэффициентам корреляции r_{jk} и соответствующим им расстояниям ρ между метео-, мониторинговыми станциями (центрами тяжести водосборов), которые аппроксимируются линейными зависимостями типа:

$$R(\rho) = R(0) - \alpha_{\rho} \cdot \rho, \quad (33)$$

характеризующими закономерность убывания эмпирических коэффициентов корреляции с увеличением расстояния между пунктами наблюдений. Величина $R(0)$, которой определяются значения ПКФ, при $\rho = 0$, как правило, меньше единицы. Это обусловлено наличием в данных наблюдений случайных ошибок, а также микроклиматических – $\eta(\rho)$ различий в расположении станций (бассейнов). Хотя эти различия в каждом пункте вызывают систематическое

расхождение, при рассмотрении гидрометеорологического поля на большой территории они выступают как случайные. Именно этими различиями, в основном, и определяется имеющий место значительный разброс коэффициентов корреляции относительно средних величин. При отсутствии ошибок измерений и микроклиматических различий имело бы место $R(0) = 1$. В действительности, выполняется соотношение (26). Таким образом, при $R(0) < 1$ можно оценить, какая доля изменчивости поля определяется естественной изменчивостью рассматриваемых элементов на территории, а какая возникает за счет случайного размещения станций, погрешностей наблюдений; $\alpha_r = dR(\rho) / d\rho$ – по физическому смыслу представляет градиент поля, т.е. показывает величину изменения ПКФ на единицу расстояния. Градиент поля α_r служит характеристикой при совместном анализе и сопоставлении различных гидрометеорологических и экологических полей. Приведение эмпирических ПКФ к теоретическим или, точнее, откорректированных функций осуществляется путем деления каждого члена уравнения (33) на $R(0)$. В результате чего ПКФ имеет вид:

$$\hat{R}(\rho) = 1 - \hat{\alpha}_r \cdot \rho, \quad (34)$$

где $\hat{\alpha}_r$ – приведенный градиент ПКФ поля. Величины корреляционных функций $R(0)$, а также мер ошибок случайных погрешностей в исходных данных η_M , приведенного градиента ПКФ поля $\hat{\alpha}_r$, коэффициентов корреляции функций (33) стока и осадков одного из регионов r представлены в табл. 1.

Таблица 1

Экстраполированные значения основных характеристик ПКФ атмосферных осадков и речного стока в регионе для различных временных интервалов R_0 ; η_M , $\hat{\alpha}_r$; p

Интервал осреднения	Атмосферные осадки				Речной сток			
	$R(0)$	η_M	$\hat{\alpha}_r \cdot 10^{-3}$	r	$R(0)$	η_M	$\hat{\alpha}_r \cdot 10^{-3}$	r
Январь	0,84	0,43	0,76	0,39	0,90	0,33	0,67	0,50
Февраль	0,76	0,56	0,70	0,36	0,83	0,44	0,54	0,42
Март	0,79	0,51	0,65	0,30	0,88	0,37	1,07	0,66
Апрель	0,80	0,50	1,40	0,69	0,82	0,46	1,03	0,56
Май	0,59	0,83	0,99	0,37	0,85	0,42	1,35	0,69
Июнь	0,59	0,83	0,90	0,43	0,73	0,60	1,56	0,62
Июль	0,66	0,71	1,32	0,50	0,80	0,50	1,59	0,70
Август	0,64	0,46	1,33	0,52	0,82	0,46	1,84	0,75
Сентябрь	0,82	0,40	1,01	0,52	0,83	0,44	1,85	0,79
Октябрь	0,86	0,42	0,91	0,42	0,90	0,33	1,82	0,77
Ноябрь	0,85	0,42	0,73	0,40	0,88	0,37	1,40	0,75
Декабрь	0,83	0,44	0,77	0,42	0,87	0,38	1,28	0,75
Год	0,71	0,64	1,08	0,48	0,84	0,43	1,61	0,79

Годовой цикл эмпирических ПКФ месячных значений атмосферных осадков и речного стока представлен на рис. 1. Чтобы заведомо не упрощать картину принятием каких-либо гипотез о виде ПКФ, годовой ход представлен не по аппроксимирующим функциям, а изокоррелятами, полученными путем интерполяции эмпирических коэффициентов корреляции. Шаг интерполяции ПКФ – 0,1. В мезомасштабной области, для различных элементов водного баланса, вклад крупномасштабной составляющей неодинаков. В метеорологических полях он значительно выше, чем в гидрологических. Поскольку коррелированность поля крупномасштабной составляющей выше, чем мелкомасштабной – значения $R_{\xi}(\rho)$ завышаются для величин ρ , не превышающих среднего масштаба крупных флуктуаций поля. Поэтому, ПКФ элементов водного баланса для большинства интервалов временной дискретизации полей являются выгнутыми, подчиняющимися экспоненциально-степенной зависимости типа:

$$R(\rho) = \exp(-\alpha \cdot \rho^{\beta}). \quad (35)$$

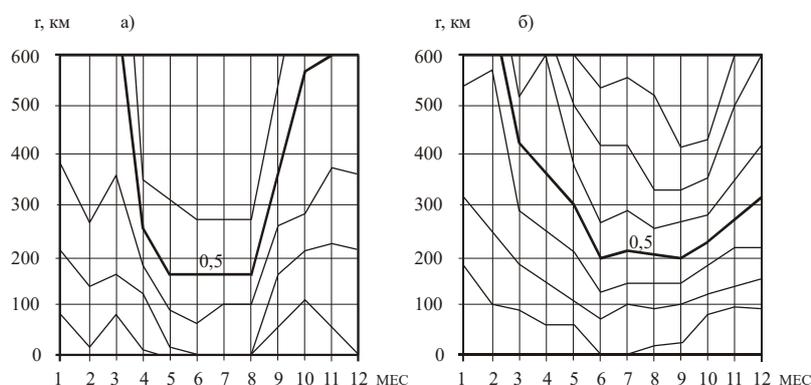


Рис. 1. Годовой цикл пространственных корреляционных функций:
а) атмосферных осадков; б) речного стока (при шаге интерполяции – 0,1)

Приведенная зависимость одинаково хорошо описывает поля всех элементов водного баланса, в том числе атмосферных осадков и речного стока. Недостатком зависимостей типа (35) является то, что они неопределимы при отрицательных коэффициентах корреляции. Значения параметров, характеризующих статистическую структуру полей атмосферных осадков и речного стока региона для различных периодов осреднения, а также коэффициентов корреляции и критериев Фишера представлены в табл. 2. Линии регрессии $R(\rho)$ атмосферных осадков для всех месяцев года вогнуты, так что с увеличением расстояния между метеостанциями убывание связности полей осадков замедляется. Для всех месяцев имеет место

неравенство $R(0) < 1$, которое увеличивается в летние месяцы, когда роль локальной неоднородности растет за счет конвективных осадков. Наименьший разброс точек относительно эмпирической линии регрессии $R(\rho)$ отличается в зимние месяцы. В пространственной коррелированности месячных сумм атмосферных осадков четко выражен годовой ход связности их полей в холодный период, которая существенно выше, чем в теплый период. Минимальная коррелированность наблюдается в летние месяцы, что вызвано несколько большей масштабностью конвективных процессов. Отметим и такую особенность, как некоторое увеличение разнородности осадков по территории в феврале и октябре за счет перехода от твердых осадков к жидким и наоборот.

Таблица 2

Характеристика статистической структуры атмосферных осадков и речного стока региона

Интервал осреднения	Атмосферные осадки				Речной сток			
	α	β	r	F	α	β	r	F
Январь	0,03	0,47	0,94	10,5	0,02	0,53	0,95	14,1
Февраль	0,05	0,41	0,96	13,5	0,04	0,39	0,97	19,5
Март	0,07	0,34	0,87	4,17	0,01	0,67	0,97	12,7
Апрель	0,02	0,71	0,96	20,7	0,02	0,62	0,99	64,3
Май	0,09	0,40	0,97	13,5	0,01	0,76	0,98	24,4
Июнь	0,11	0,36	0,99	14,9	0,02	0,67	0,97	20,1
Июль	0,07	0,42	0,92	7,01	0,01	0,73	0,96	22,0
Август	0,07	0,48	0,95	11,7	0,01	0,91	0,96	20,7
Сентябрь	0,02	0,61	0,97	26,8	0,01	0,93	0,98	39,8
Октябрь	0,02	0,58	0,92	10,9	0,01	1,04	0,97	33,7
Ноябрь	0,02	0,50	0,94	10,7	0,01	0,83	0,98	45,3
Декабрь	0,03	0,49	0,96	17,0	0,01	0,70	0,96	18,4
Год	0,07	0,43	0,93	8,40	0,01	0,91	0,98	36,4

Проверка показала, что при доверительных вероятностях 68,3 % и 95,4 % пространственные корреляционные функции атмосферных осадков неоднородны. Анизотропности поля атмосферных осадков можно оценить с помощью коэффициентов анизотропности поля (χ), которые определяются путем деления градиента поля на градиент ориентированного поля. Годовой ход коэффициентов анизотропности поля атмосферных осадков представлен на рис. 2. Поля изокоррелят для каждого месяца имеют вид эллипсов, большая ось которых ориентирована в направлении преобладающего переноса воздушных масс. Так, в январе–феврале анизотропию поля сумм атмосферных осадков определяет западный перенос воздушных

масс, в мае, июне, июле – северо-восточный. Наименьшая анизотропия полей осадков наблюдается в апреле, августе, ноябре. На рис.3 показаны изокорреляты сумм атмосферных осадков за май.

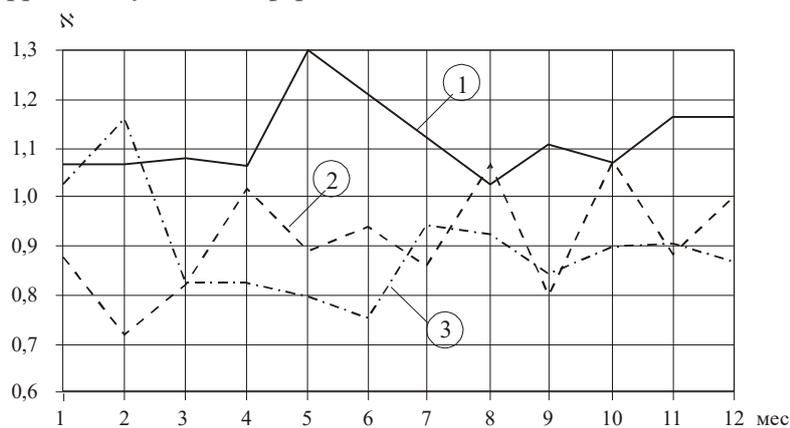


Рис. 2. Годовой ход анизотропии пространственной корреляции среднемесячных сумм атмосферных осадков региона по направлениям: 1 – СВ – ЮЗ; 2 – З – В; 3 – СЗ – ЮВ.

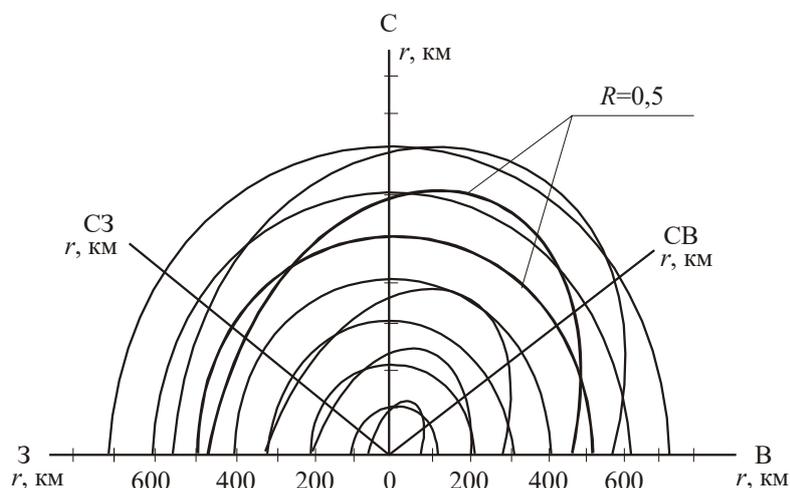


Рис. 3. Поле изокоррелят атмосферных осадков в мае (при шаге интерполяции – 0,1).

Необходимо углубленное изучение особенностей анизотропии полей элементов водного баланса, так как она меняется по территории в течение года, отражая характер циркуляции атмосферного воздуха. Это важно, в первую очередь, при изучении корреляции на больших расстояниях, поскольку макропроцессы, в отличие от процессов малого масштаба, существенно анизо-

тропны. При решении задач, которые связаны с использованием данных о корреляции на небольших расстояниях, где анизотропность сравнительно мала, можно ограничиться использованием осредненных по всем направлениям ПКФ. Линии регрессии стока, как и осадков, вогнуты, а для всех месяцев характерна срезка корреляции при нулевом сдвиге, более четко выраженная в летние месяцы. Общая картина годового цикла ПКФ стока сходна с ПКФ атмосферных осадков, потому, что режим стока рек находится в прямой зависимости от режима осадков (атмосферное водное питание водосборов доминирует). Наиболее высокая пространственная корреляция наблюдается в период зимней межени (январь, февраль). В этот период реки имеют, преимущественно, грунтовое питание, нарушаемое отдельными оттепелями, охватывающими большие территории. Несколько меньшая, но достаточно высокая, пространственная корреляция речного стока наблюдается в весенние месяцы, в период половодья. Причем, линии регрессии за эти месяцы последовательно понижаются в той степени, как уменьшается доля стока весеннего половодья. Начиная с критического месяца, линии регрессии за последующие месяцы постоянно повышаются. Поле стока рек не является однородным. По-видимому, это не может быть устранено даже подбором рек, близких по размерам водосборов и водности, и является следствием межбассейновых различий. Поэтому, при планировании природопользования, проектировании и управлении водохозяйственными системами необходимо учитывать асинхронность в формировании и динамике элементов водного баланса по территории страны.

Практическое использование сведений о пространственной структуре поля

Обработывая данные гидрометеорологических и эколого-ландшафтных наблюдений, необходимо, во-первых, правильно осмыслить, к какому временному интервалу и к какой пространственной области целесообразно относить это наблюдение в пределах необходимой точности; и во-вторых, восстановить временное пространственное распределение, т. е. построить поля анализируемых элементов как непосредственно измеренных, так и тесно связанных с измеряемыми величинами. Это требует интерпретации данных наблюдений. С целью оценки точности показаний гидрометеорологических приборов, интерполяции, экстраполяции, согласования, объективного анализа, оценки дифференциальных характеристик исследуемых полей, выборе методов контроля данных наблюдений, планирования сети станций и т.д. Проанализируем использование элементов пространственной структуры исследуемых полей элементов для целей интерполяции (на примере стока рек).

Восстановление стоковых характеристик методом пространственной интерполяции

Под восстановлением стока имеется ввиду пространственная интерполяция гидрологических величин, наблюдаемых в реперных пунктах, с целью их косвенного получения при отсутствии данных наблюдений в искомом пункте, а также корректировка в сторону уточнения измеренных данных при наличии в них антропогенных составляющих. Оптимальная пространственная интерполяция (ОПИ) сводится к следующему. Значение гидрологической величины в любой точке поля вычисляется по формуле:

$$M_{i0} = \sum_{j=1}^k P_j \cdot M_{ij}, \quad (36)$$

где M_{ij} – значение элемента в i -ый срок на j -й влияющий аналог; P_j – весовые коэффициенты; k – число влияющих рек-аналогов. Чаще уравнение (36) решается для отклонений от среднего, т. е. в виде:

$$M_{i0} = \overline{M}_0 + \sum_{j=1}^k P_j \cdot \Delta M_{ij}, \quad (37)$$

где \overline{M}_0 – норма гидрологической характеристики в точке интерполяции; ΔM_{ij} – отклонения от нормы на j -ом аналоге в i -ый срок.

После определения состава влияющих аналогов составляется система линейных уравнений для определения интерполяционных весов P_j по формуле (5). Количество влияющих рек-аналогов для каждого отдельного случая выбирается в зависимости от наличия данных по стоку за конкретный срок наблюдений, а также от расстояния между гидропостами, поэтому, совокупность влияющих рек-аналогов не остается постоянной, а система (5) также индивидуальна для различных периодов. Реальное число гидропостов, привлекаемых к процедуре интерполяции, может меняться от двух до шести. Для получения результатов с требуемой для практики точностью обычно достаточно уже трех аналогов. После решения системы (5) интерполяцию по точкам поля можно проводить по уравнению (36). Для интерполяции по уравнению (37) необходимо определить норму гидрологической характеристики в заданной точке интерполяции одним из способов: по соответствующим картам; оптимальной пространственной интерполяцией по значениям норм. Выполненная интерполяция имеет среднюю квадратическую ошибку

$$\varepsilon^2 = 1 - \sum_{j=1}^k r_{0j} \cdot P_j \quad (38)$$

По величине ε просто оценить возможную точность интерполяции, используя ее для поиска грубых ошибок в данных наблюдений. При анализе результатов интерполяции стока, можно обнаружить ошибки двух типов: ошибки в измерениях; ошибки при пространственной интерполяции, которые, в свою очередь, зависят от различий в условиях формирования стока и подбора аналогов. В большинстве случаев, близкое расположение гидропостов обеспечивает сходность физико-географических условий, высокие значения парных коэффициентов корреляции и хорошее совпадение вычисленных и измеренных величин. Среднеквадратическая ошибка оптимальной пространственной интерполяции (ОПИ) месячных величин стока, в среднем, составляет 10...20 %, хотя в отдельные месяцы могут наблюдаться и большие отклонения. Годовые (сезонные) значения гидрологических характеристик определяются с большей достоверностью.

В качестве примера, на рис. 4 и 5 приведены результаты интерполяции модулей стока за теплый период (апрель – октябрь).

Суммарная относительная ошибка интерполяции и исходных данных составляет 5...10 % от средних величин модуля стока. При восстановлении месячных величин стока контроль осуществляется путем сопоставления суммы месячных величин (за год) с годовыми значениями. Если невязка получается меньше допустимой, ее распределяют помесячно пропорционально абсолютным величинам стока. В противном случае, требуется дополнительный анализ как исходной информации, так и репрезентативности аналогов. В табл. 3 представлены результаты интерполяции модулей норм годового стока экспериментальных рек.

Таблица 3

Наблюденные и вычисленные значения модулей годового стока рек

Характеристика	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Наблюденный сток	1,77	2,10	6,18	16,1	6,29	2,49	1,19	0,75	0,75	1,05	2,32	2,55
Вычисленный сток	2,09	2,18	6,01	14,0	6,98	2,83	1,73	1,08	1,05	1,00	2,53	3,04
Среднеквадратическая ошибка	0,18	0,02	0,03	0,13	0,11	0,14	0,45	0,24	0,17	0,02	0,09	0,19

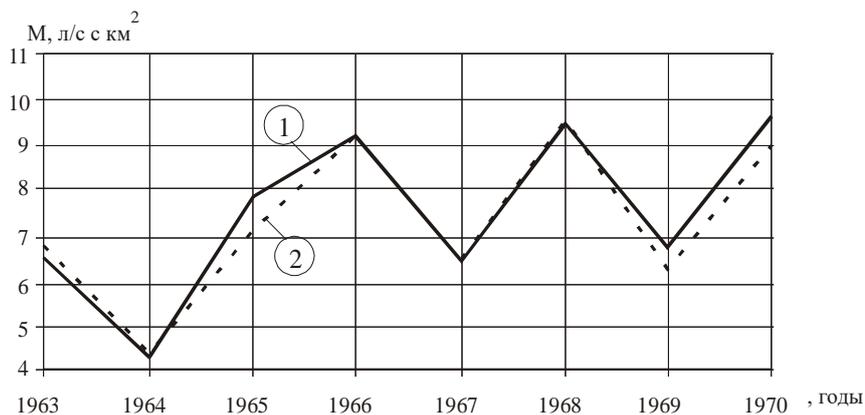


Рис. 4. Наблюдаемые (1) и вычисленные (2) значения стока рек (теплый период).

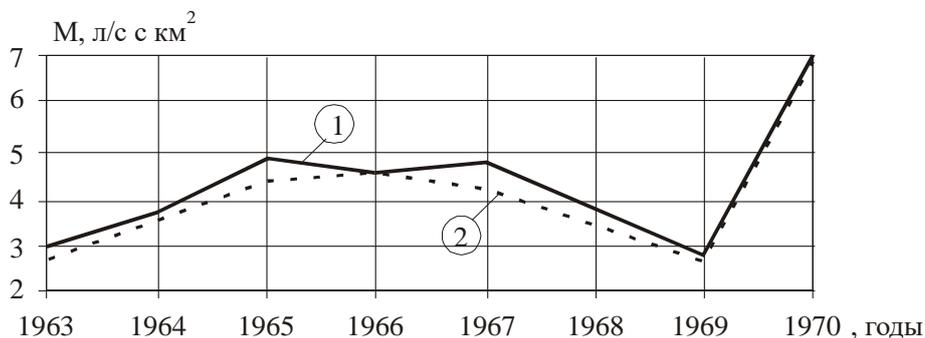


Рис. 5. Наблюдаемые (1) и вычисленные (2) значения годового стока рек.

Аналоги практически равномерно расположены вокруг пункта приведения, поэтому достигаются хорошие совпадения наблюдаемых и вычисленных величин. При использовании рек-аналогов, находящихся на значительном удалении, расхождения между измеренными и вычисленными значениями стока значительны, хотя в общих чертах восстановленные величины отражают естественный характер колебаний модулей годового стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Шведовский П.В. Проблемы оптимизации природопользования и природообустройства в математических моделях и методах. – Алматы: Изд-во: «Каганат», 2003. – 532 с.
2. Бурлибаев М.Ж., Нурмаганбетов Д.Ш., Волчек А.А. Теоретические и прикладные основы проблем планирования и управления природопользованием и охраной природы. – Алматы, Изд-во: «Каганат», 2007. – 360 с.

3. Бурлибаев М.Ж. Теоретические основы устойчивости экосистем трансзональных рек Казахстана. – Алматы, Изд-во: «Каганат», 2007. – 516 с.

* Казахстанское Агентство Прикладной Экологии (КАПЭ),

** Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

**ӨЗЕН ЭКОСИСТЕМАСЫНЫҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН
АНЫҚТАУДАҒЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ
ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МӘЛІМЕТТЕРДІ КЕҢДІК ҚОРЫТЫНДЫЛАУ
ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ**

Техн. ғылымд. докторы М.Ж. Бүрлібаев *
Д.М. Бүрлібаева **

Өзен экосистемасының дамуы суағындарының гидрологиялық, сондай-ақ гидрохимиялық және гидробиологиялық режиміне тәуелділігі қазіргі жағдайда дәлелденген факт болып табылады. Қазақстанның барлық үлкен өзендерінің гидрологиялық режимінің антропогендік өзгеруіне байланысты қазіргі уақытта жаңа экологиялық үйреншікті табиғатты қолданудың концепциясын дамыту мақсаты туындайды. Сонымен қатар, деградацияға ұшыраған өзен экосистемасын қалпына келтіру мақсатында осы заманғы гидрометеорологиялық және экологиялық мәліметтерді кеңдік қорытындылау әдістеріне маңызды көңіл бөлінеді. Мақалада қойылған мақсатты шешу үшін жаңа тәсіл ұсынылып отыр.

УДК 577.4

**ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ МИКРОФЛОРЫ БУРОВЫХ
РАСТВОРОВ И РЕАГЕНТОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ**Доктор техн. наук А.А. Айдосов
Г.И. Ажиева

Рассматривается размножение микроорганизмов в буровом растворе, приводящее к различным осложнениям при бурении, которые, во-первых, связаны с повышением расходов реагентов, возникающим из-за разрушения их микробами, а, во-вторых, ухудшением качества технологических сред в результате накопления в них внеклеточных ферментов и продуктов жизнедеятельности микробных клеток. В связи с этим исследованы возможности защиты буровых растворов и реагентов от микробной деструкции, имеющей не только технологическое, технико-экономическое, но и экологическое значение.

Анализ исходных материалов показал, что промывочная жидкость для бурения скважин в момент ее приготовления содержит определенные микробные сообщества. Как известно, в процессе циркуляции в скважине буровой раствор может обогащаться выбуренными породами, нефтью и газами, а также смешиваться с пластовыми водами и поэтому в промывочных жидкостях, используемых при бурении нефтяных и газовых геологоразведочных скважин, количество и видовой состав микроорганизмов увеличивается. Размножение микроорганизмов в буровом растворе приводит к различным осложнениям при бурении: повышаются расходы реагентов, ухудшается качество технологических сред, происходит деградация нефти, деструкция и ухудшение свойств буровых растворов, коррозия оборудования, образуются газообразные продукты, в том числе сероводород, аммиак, летучие амины, загрязняющие окружающую среду [1-11]. В связи с этим защита буровых растворов и реагентов от микробной деструкции имеет не только технологическое, технико-экономическое, но и важное экологическое значение.

По данным работ [3, 4, 10] количество гетеротрофных микроорганизмов составило в различных образцах буровых растворов от 10^6 до 10^9 микробных клеток на 1 г, возрастая по мере использования раствора на 1...4 порядка.

Количество микроорганизмов в буровых растворах возрастало в летний период (независимо от температуры на забое) и достигало $10^8 \dots 10^9$ кл/г.

Нами выявлено, что количественный и качественный состав микрофлоры буровых растворов не зависит от района и зоны бурения, а определяется наличием в буровом растворе определенных химических компонентов и условиями, создающимися в скважине и с первых дней буровой раствор содержит микроорганизмы ($5 \cdot 10^6$ кл/г гетеротрофных и 10^7 кл/г сульфатредуцирующих). По мере использования раствора, количество бактерий нарастает и через 4 месяца от начала бурения при глубине забоя 3200 м составило $7 \cdot 10^7$ кл/г. Количество сульфатредуцирующих бактерий продолжает оставаться на высоком уровне.

Если в начале растворы, обработанные углещелочным реагентом (УЩР) и нефтью, преобладала гнилостная грамтрицательная флора то через 4 недели от начала бурения, после введения в раствор карбоксиметилцеллюлозы – КМЦ (КССБ-4), изменилось соотношение микроорганизмов в сторону повышения количества грамположительных спороносных цепочек, обладающих целлюлозотической активностью. Использование для обработки бурового раствора 15 % УЩР, выявило высокую степень его зараженности гнилостными бактериями, многие из которых обладали также способностью к нефтеокислению. В 1 мл раствора УЩР содержалось $4 \cdot 10^8$ микробных клеток, преимущественно грамтрицательных бактерий. Те же группы и виды микроорганизмов были выделены и из бурового раствора.

Что касается сульфатредуцирующих бактерий, то они присутствовали как в растворе УЩР, так и в нефти, использованной в качестве смазочной добавки при бурении. В данном случае источником инфицирования бурового раствора послужил УЩР, который поступает на буровое предприятие в виде раствора и длительное время хранится там. Введение нефти или смазочной добавки на основе углеводородов способствует развитию ассоциатов нефтеокисляющих и сульфатредуцирующих бактерий. Соотношение отдельных систематических групп микроорганизмов в буровых растворах может измениться. В большинстве случаев споровые грамположительные и аспорогенные грамтрицательные палочки находятся в буровом растворе примерно в равных количествах.

Анализ обработанного графитом и свежеприготовленным из сухого порошка УЩР бурового раствора показал, что в первоначальных образцах его содержалось относительно небольшое количество гетеротрофных микроорганизмов $\sim 10^6$ кл/г, представленных грамположительными и гра-

мотрицательными палочками при отсутствии сульфатредуцирующих бактерий. Но через месяц после начала бурения, в результате введения в раствор КМЦ, окзила и КССБ-4 количество микроорганизмов возросло до $2 \cdot 10^8$ кл/г. Наряду с этим появляется большое количество слизистых бацилл, которые вытесняли остальную форму. Бурение при таких условиях осложняется, так как технологические свойства раствора резко ухудшаются. В растворе КМЦ и окзила также были обнаружены слизееобразующие бациллы. Эти слизееобразующие бациллы, которые, достигая до $10^8 \dots 10^9$ микробных клеток на 1 г раствора, поражают почти все буровые растворы, обладают высокой целлюлозолитической активностью, и приводят к быстрому разрушению КМЦ.

При исследовании буровых растворов, отобранных с забоя больших глубин до 5546 м (Прикаспийский регион), преобладала гнилостная флора, продуцирующая большое количество газообразных веществ, в том числе таких, как сероводород и аммиак. На многих буровых скважинах выявлены ухудшение технологических свойств буровых растворов, требующих дополнительных обработок их химическими реагентами и приводящих к снижению технико-экономических показателей бурения. Анализ показал, что заражение буровых растворов и реагентов, используемых для регулирования технологических свойств, происходит одними и теми же видами микроорганизмов (сульфатредуцирующими бактериями и слизееобразующими бациллами), причиной которого являются долго хранящиеся используемые реагенты (КМЦ, М-14, окзил).

Бурение скважин, которое ведется в благоприятных для развития микроорганизмов климатических условиях (Северный Каспий), потеря от микробиологической деструкции реагентов может быть ощутимой. Исследование данных, имеющихся по районам, показало, что в буровых растворах содержится $2 \cdot 10^6$ кл/г гетеротрофов, $10^6 \dots 10^8$ сульфатредуцирующих и $10^6 \dots 10^8$ нефтеокисляющих микроорганизмов [5, 6, 7]. Однако, исследование показывает, что поражение буровых растворов микроорганизмами имеет место на всех скважинах. Анализ данных буровых растворов, дал нам возможность доказать, что микробная обсемененность и состав микрофлоры определяется не только компонентами раствора, но зависит и от горно-геологических условий почв, грунтовых и подземных вод [1].

Как известно, бурение глубоких скважин проводится на целый ряд полезных ископаемых (нефть и газ, пресные и минерализованные воды, калийные и каменные соли, бурые угли и горючие сланцы и др.) Для при-

готовления буровых растворов используют глинопорошки. Для обработки глинистых растворов используются крахмал, КМЦ, гипан, метан, окзил, УЩР и др. Анализ данных [6, 8, 9, 11] по исследованию микрофлоры природных органогенных материалов показал, что для роста микроорганизмов в торфяных почвах необходимо наличие питательных и биологически активных веществ, а также оптимальные значения кислотности среды – pH около 7. Рост и развитие грибов происходит при $pH = 5,0$. Так для нитрифицирующих и клубеньковых бактерий, а также для актиномицет характерны более высокие значения pH . Для аэробных микроорганизмов необходим кислород, а для строго анаэробных бактерий – его отсутствие. Таким образом, в осоковом и тростниковом торфе выявлена численность микроорганизмов, которая приведена в табл. 1.

Таблица 1

Численность микроорганизмов в торфе

Обобщенные показатели	Осоковый торф ($P = 25...30\%$)	Тростниковый торф ($P = 35...40\%$)
Общая численность бактерий, млрд./г	13,9	10,5
Количество сухой биомассы, мг/г:		
Грибов	2,9	1,9
Бактерий	0,28	0,22
Общая биомасса грибов и бактерий, мг/г	3,18	2,2
То же в % к сухой массе торфа	0,22	0,21

Отсюда следует, что:

- общее количество биомассы микроорганизмов преобладает в осоковом торфе со степенью разложения (P) 25...30 %;
- в донных отложениях сапропелей и их залежах количество бактерий, разрушающих белковые вещества, исчисляются десятками миллионов клеток.

Такое же количество микроорганизмов, усваивающих минеральный азот и олигонитрофилов; меньшее количество маслянокислых бактерий – сотни тысяч и миллионы на 1 г. В отличие от торфа в сапропелях обнаруживаются тысячи клеток микроскопических грибов и немногим менее актиномицетов и целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Разложение клетчатки в верхнем слое сапропели происходит в результате жизнедеятельности грибов и бактерий.

Установлено, что количественный и качественный состав микрофлоры в пределах одного месторождения может сильно отличаться. Количество и видовой состав микрофлоры сапропелей зависит от зольности:

чем она выше, тем беднее сапрпель микроорганизмами. Аммонифактуры в среднем по размеру залежи в высокозольных сапрпелях исчисляются от сотен тысяч до нескольких миллионов, а в малозольных от 18 до 50 млн. клеток на 1 г. Соответственно сапрпелей олигонитрофилов и бактерий насчитывается несколько миллионов в малозольных органических сапрпелях. Несмотря на меньшее содержание микроорганизмов, в погребенных сапрпелях имеются жизнеспособные бактерии и грибы, что следует учитывать при использовании их для приготовления буровых растворов. Малозольные торфы и органические сапрпели обладают высокой структурирующей способностью, что позволяет использовать их в качестве твердой фазы буровых растворов различного назначения.

Из анализа этих материалов нами выявлено, что буровые растворы удовлетворительного качества могут быть получены путем диспергирования торфа или сапрпеля в водной среде. При этом протекают сложные физико-химические процессы. В результате диспергирования происходит дезагрегация частиц твердой фазы с образованием более мелких агрегатов, растет удельная поверхность твердой фазы, в раствор переходят водорастворимые вещества и создаются условия для низкотемпературного гидролиза. Простейшие дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза и др.) переходят в жидкую фазу продиспергированных естественных дисперсий, и их количество увеличивается по мере повышения температуры среды. Микроорганизмы находятся в торфе и сапрпеле в иммобилизованном состоянии, и их количество определяется динамическим равновесием под влиянием окружающей среды. В процессе диспергирования в водной фазе накапливается питательная среда, и они начинают размножаться до определенной численности в зависимости от ресурсов питательных веществ. Концентрация твердой фазы продиспергированной дисперсий торфа и сапрпеля колеблется в пределах 3...10 % к общей массе раствора. Следовательно, на начальной стадии приготовления буровых растворов в 1 мл будет содержаться примерно сотая часть микробных клеток, которые находились в исходном сырье. Согласно микробиологическому анализу в 1 мл буровых растворов из торфа и сапрпеля содержатся сотни тысяч и миллионы микробных клеток.

При использовании дисперсий сапрпелей и торфа в бурении в качестве промывочных жидкостей имеет место повышение температуры по мере углубления скважин, что сопровождается увеличением содержания полисахаридов с пятью и шестью атомами углерода в основном звене (пентоза и гексозан) и наибольшим количеством урановых кислот, легко

усваиваемых микроорганизмами. Ситуация начинает изменяться при обработке буровых растворов из торфа и сапропеля щелочными реагентами, что приводит к появлению в растворе гуматов. Наличие полисахаридов и гуматов создает предпосылки для повышения жизнедеятельности микроорганизмов, адсорбированных на поверхности частиц твердой фазы, сопровождающейся их взаимодействием с гуматами.

Буровые растворы из торфа и сапропеля, подвергнутые щелочной обработке, при выдержке в нагретом состоянии незначительно изменяли свои технологические и реологические свойства. При введении в щелочные растворы торфа и сапропеля полимерных реагентов (крахмал, КМЦ, метас) в количестве 0,2...0,5 % на первой стадии отмечалось улучшение свойств буровых растворов (снижалась водоотдача, повышалась вязкость). В процессе выдержки в течение двух недель в нагретом состоянии, свойства торфяных и сапропелевых растворов начинали ухудшаться (снижалась вязкость и росла водоотдача). Это свидетельствует о частичной деградации полимерных реагентов под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов.

На основании изложенного можно сделать вывод, что глинистые, сапропелевые и торфяные растворы при условиях, благоприятных для развития микроорганизмов, вызывают деструкцию полимерных реагентов, применяемых при обработке буровых растворов, что сопровождается ухудшением их технологических и реологических свойств. Поэтому для восстановления этих свойств необходимо введение дополнительных порций полимерных реагентов, что, в конечном счете, отражается на стоимости.

Нами был изучен количественный и качественный состав водных растворов реагентов, используемых для обработки буровых растворов. Это позволило выявить, что они поражаются различными морфологическими группами бактерий.

По данным табл. 2, наиболее благоприятными для роста и развития микроорганизмов явились водные растворы УЩР, карбо-сульфатно-спиртовая барда (КССБ), сульфатно-спиртовая барда (ССБ), метас. Важно было определить основные группы микроорганизмов, находящихся в химических реагентах и их процентное отношение к общему числу (табл. 3).

По данным табл. 3 среди культур, выделенных из ССБ, преобладали аспорогенные грамположительные палочки (72,7 %), аспорогенные грамотрицательные – из УЩР (46,9 %), аспорогенные грамположительные палочки – из серла-соли (48,6 %).

Таблица 2

Количество микроорганизмов водных растворов реагентов

Тип реагента	рН 10 % водного раствора реагента		Количество микробных клеток	
	исходное	после 2-х недель инкубации	исходное	после 2-х недель инкубации
КМЦ	9,00	8,63	$2,3 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^8$
КМЦФ	6,00	6,50	$4,8 \cdot 10^7$	$2,9 \cdot 10^8$
ССБ	4,31	4,18	$1,1 \cdot 10^7$	$2,9 \cdot 10^8$
КССБ	5,07	5,40	$1,5 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^8$
УЩР	9,28	9,10	$1,3 \cdot 10^8$	$3,3 \cdot 10^9$
ФХЛС	3,37	3,41	$5,7 \cdot 10^8$	$8,7 \cdot 10^9$
Метас	4,14	3,87	$3,6 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^9$
Серла-соль	3,35	4,70	$1,0 \cdot 10^8$	$7,2 \cdot 10^9$

Таблица 3

Процентное содержание морфологических групп микроорганизмов

Источник выделения культур	Группа микроорганизмов			
	палочки			кокки грамположительные
	спороносные грамположительные	аспорогенные грамположительные	аспорогенные грамотрицательные	
КМЦ	37,5	37,5	12,5	12,5
КМЦФ	32,8	33,8	16,7	16,7
ССБ	1,1	72,7	-	26,2
КССБ	72,8	11,5	7,5	8,2
ФХЛС	16,7	16,7	16,7	49,9
УЩР	12,5	21,8	46,9	18,8
Метас	-	83,3	4,2	12,5
Серла-соль	48,6	21,2	12,0	18,2

Следует отметить, что видовое содержание микроорганизмов, как в реагентах, так и в буровых растворах, стабилизированных этими реагентами, не является постоянным и все время видоизменяется в зависимости от источника питания и условий эксплуатации. В буровых растворах за счет размножения на различных органических субстратах, присутствующих

щих в растворах кроме реагентов, создается собственная микрофлора, что способствует формированию определенных взаимоотношений между отдельными группами микробов.

Анализ доминирующих видов микроорганизмов и взаимоотношений между ними, а также выяснение причин их сосуществования представлял важную задачу для решения вопросов о закономерностях регулирования микробной деструкции химических компонентов буровых растворов. О сложности процессов трансформации микроорганизмов в сложных питательных средах говорит тот факт, что из реагентов для бурения и буровых растворов был выделен большой видовой состав целлюлитических бактерий, активность которых определяли по изменению кинематической вязкости и по скорости образования редуцирующих сахаров в среде с КМЦ как единственным источником углерода.

В большинстве случаев гетеротрофные бактерии буровых растворов на 50 % представлены целлюлозоразлагающей микрофлорой. Иногда происходит отбор наиболее активных вариантов микроорганизмов и целлюлозоразлагающие бактерии вытесняют остальную флору, составляя до 90 % общего количества гетеротрофов, находящихся в буровом растворе. Наличие в буровом растворе исследуемого нами месторождения большого количества активных целлюлолитических микроорганизмов приводит к ухудшению реологических и технологических параметров раствора и требует срочного применения средств защиты от микробного разрушения, а активные формы целлюлозоразрушающих микроорганизмов могут привести к деградации КМЦ в составе буровых растворов за несколько часов или суток. Таким образом, выявленные микроорганизмы в конечном итоге могут привести к загрязнению окружающей среды путем разрушения буровых скважин.

Анализ показал, что как буровые растворы, так и растворы реагентов в значительной степени обсеменены целлюлозоразлагающими бактериями, а в процессе бурения на КМЦ происходит адаптация бактерий к субстрату, т.е. идет селекция бактериальных культур, активно ферментирующих целлюлозу, которая составляет конкуренцию другим видам бактерий. Целлюлолитические ферменты расщепляют целлюлозу до глюкозы. Хотя значительная часть целлюлозы в природе разлагается не только грибами, но и бактериями, очень мало известно об образовании целлюлолитических ферментов бактериями. В отличие от целлюлозы КМЦ легче расщепляется целлюлолитическими ферментами микроорганизмов. Дальнейший анализ показал, что способность

культур, выделенных из растворов реагентов и буровых растворов могут расти на минимальных средах с добавлением одного из реагентов. В качестве примера в табл. 4 приведены сведения о влиянии микроорганизмов, выделенного из реагента. Бактерии могли использовать КМЦ и ССБ в качестве единственного источника углерода и энергии. Аналогичной активностью обладают и другие целлюлозоразлагающие бактерии. Контрольный образец 1 % КМЦ имел вязкость 18 сантистокс (сСт).

Таблица 4

Использование микроорганизмами реагентов для бурения

Источник выделения микроорганизмов	Количество микробных клеток в 1 мл среды		Вязкость среды с КМЦ после 4-х суток инкубации, сСт
	1 % КМЦ	1 % ССБ	
УЩР	$7,00 \cdot 10^7$	$3,25 \cdot 10^8$	8,42
ССБ	$1,50 \cdot 10^7$	$1,20 \cdot 10^8$	8,29
КМЦ	$5,30 \cdot 10^7$	$2,90 \cdot 10^8$	5,60
ФХЛС	$5,60 \cdot 10^8$	$1,47 \cdot 10^9$	5,53
Метас	$1,50 \cdot 10^8$	$2,40 \cdot 10^9$	8,43

Наряду с целлюлозоразлагающими бактериями в полимерных реагентах буровых растворов присутствуют сульфатредуцирующие, нефтеокисляющие и другие бактерии. Накопление сероводородов дало возможность установить, что промывочные жидкости для активных сульфатредуцирующих бактерий, выделенных из различных буровых растворов, являются благоприятной средой и для своего роста они используют продукты метаболизма нефтеокисляющих микроорганизмов.

Выяснена способность сульфатвосстанавливающих бактерий поражать основные реагенты буровых растворов при использовании их в качестве источника углерода. Для этого в среду Таусона вместо лактата кальция в качестве источника углерода и энергии вводили реагенты, используемые для обработки буровых растворов: лигносил, КССБ, ФХЧС, очищенную КМЦ и КМЦ-600. После 3-кратного пересева 5...7 суточных культур на среду Таусона с соответствующим субстратом определяли количество сероводорода (табл. 5). Полученные результаты показали, что штаммы сульфатредуцирующих бактерий способны использовать некоторые реагенты, входящие в состав буровых растворов. Активнее всего из рассмотренных реагентов сульфатредуцирующих бактерий используют КССБ, при росте на которой штаммы накапливают в среде 170 мг/дм^3 сероводорода, в меньшей степени КМЦ и лигносил. Накопление сероводорода в буровом растворе не только загрязняет окружающую среду, но и вызывает коррозию буровых труб и инструмента.

Таблица 5

Количество сероводорода (мг/дм³), образующегося на средах с реагентами

Номер штамма	КМЦ очищенная	КМЦ-600	КССБ	Лигносил
1	51	34	34	51
2	17	34	51	51
3	51	51	85	68
4	34	68	51	51
5	51	68	34	51
6	34	34	34	51
7	34	34	34	68
8	51	34	119	51
9	51	17	119	51
10	68	51	38	51

В буровые растворы для улучшения структурно-реологических и технологических свойств вводят также хлористые натрия или калий. Результаты определения количества сероводорода, образующегося на среде Таусона с хлористыми солями натрия и калия различными штаммами сульфатредуцирующих бактерий, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Влияние NaCl и KCl на накопление сероводорода

Номер штамма	Контроль, мг/дм ³	Накопление сероводорода, мг/дм ³				
		Концентрация NaCl, %				Концентрация KCl, %
		0,2	0,5	1,0	1,5	
						0,5
1	306	289	306	289	306	289
2	328	323	267	340	306	289
3	328	306	323	340	306	306
4	257	323	340	374	323	306
5	323	289	323	357	323	272
6	323	323	357	374	323	323
7	306	289	306	357	306	289
8	289	289	306	306	306	306
9	289	289	323	340	306	289
10	306	323	306	340	306	323

Изучение взаимоотношений, возникающих в сообществе сульфатвосстанавливающих и нефтеокисляющих бактерий, необходимо для разработки средств борьбы с деструкцией буровых растворов и коррозией металлического оборудования. Динамика изменения численности нефтеокисляющих и сульфатредуцирующих бактерий в процессе хранения бурового раствора представлена в табл. 7.

Таблица 7

Изменение количества микроорганизмов (кл/г) при хранении раствора

Номер бурового раствора	Сульфатредуцирующая бактерия		Нефтеокисляющая бактерия	
	исходное	через две недели	исходное	через две недели
1	10^6	10^8	10^8	10^9
2	10^7	10^9	10^7	10^8
17	10^7	10^9	10^8	10^9
18	10^6	10^8	10^8	10^9
19	10^6	10^8	10^7	10^9
22	10^7	10^8	10^8	10^9

Количество микроорганизмов в буровых растворах достаточно велико: сульфатредуцирующих $10^7 \dots 10^8$ клеток и нефтеокисляющих бактерий $10^8 \dots 10^9$ клеток на 1 г бурового раствора. В процессе хранения буровых растворов в большинстве случаев отмечается рост численности нефтеокисляющих бактерий, утилизирующих нефть на 1...2 порядка, а количество сульфатредуцирующих бактерий изменяется незначительно. Поэтому нефть, добавляемая в буровые растворы в виде смазочного материала, может утилизироваться в течение трех дней. Значительное количество нефтеокисляющих бактерий не только способствует деградации нефти, но и обуславливает рост сульфатовосстанавливающих бактерий, а в присутствии активно продуцирующих сероводород бактерий приводит к ухудшению свойств бурового раствора и загрязнению среды [2].

Таким образом, обобщая вышеизложенное можно сделать вывод о том, что размножение микроорганизмов в буровом растворе, микробная деструкция реагентов буровых растворов, ухудшение качества технологических сред в результате накопления в них внеклеточных ферментов и продуктов жизнедеятельности микробных клеток, образование газообразных продуктов, ускоряет коррозию металлического оборудования и буровых труб, способствуют загрязнению окружающей среды и повышению стоимости буровых растворов. Поэтому необходим поиск новых технологий и эколого-экономических природоохранных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ажиева Г.И., Айдосов Г.А., Заурбеков Н.С. Исследование степени влияния буровых скважин на водные ресурсы региона месторождения. // Вода: технология и экология. СПб, 2008

2. Ажиева Г.И., Заурбеков Н.С., Сатаев Л.О. Оценка воздействий буровых операций на загрязнение атмосферного воздуха. // Вестник НАН РК. –2008. – № 2.
3. Айдосов А.А., Айдосов Г.А., Ажиева Г.И. Биологические проблемы бурения и мониторинг природной среды.: Труды девятой межд. научно-технич. конф. «Новое в безопасности жизнедеятельности» (Охрана труда, экология, валеология, Защита человека в ЧС, Токсикология, Экономические, правовые и психологические аспекты БЖД, Логистика). Ч. 1. – Алматы.: 2007. – С. 205-212.
4. Айдосов А.А., Айдосов Г.А., Ажиева Г.И. Исследование влияния микроорганизмов, вызывающих биологические повреждения материалов в бурении и ухудшающие состояние природной среды.: Труды девятой межд. науч.-техн. конф. «Новое в безопасности жизнедеятельности» (Охрана труда, экология, валеология, Защита человека в ЧС, Токсикология, Экономические, правовые и психологические аспекты БЖД, Логистика). Ч. 1. – Алматы.: 2007. – С. 212-218.
5. Айдосов А.А., Конкасов Б. Экологические катастрофы, вызванные деятельностью человека. // Материалы Межд. научно-практической конференции, посвященной 25-летию КазГАСА «Региональные проблемы безопасности жизнедеятельности», 2005.
6. Айдосов А.А. Современные экологические проблемы нефтедобывающей промышленности Республики Казахстан при аварийных ситуациях. // Материалы Межд. научно-практической конференции, посвященной 25-летию КазГАСА «Региональные проблемы безопасности жизнедеятельности», 2005.
7. Айдосов А.А., Заурбеков Н.С. Комплексная оценка влияния нефтяных и нефтегазовых предприятий на состояние окружающей среды Западного Казахстана с учетом ее циркуляционных процессов и прогноза изменения экологической обстановки окружающей среды региона, а также методы оценки экологического риска загрязненных территорий. // Материалы международной научно-практической конференции «Инженерная наука на рубеже XXI века», Алматы, 2001. – С. 177-181.
8. Андреева Н.Н. Выбор проектного решения как основа экологической безопасности. // Нефтяное хозяйство. – 2000. – №5 – С. 24-36
9. Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин. – М.: Недра, 1978. – 471с.

10. Комплексное исследование и оценка экологической обстановки Кара-шаганского нефтегазоконденсатного месторождения и разработка программы социально-экономического развития региона. ГРНТИ87.26.25, № гос. рег. 0198РК00026, инв. № 0298РК00097 (Научный рук. А. Ай-досов), Алматы, 1998.
11. Патин С.А. Решение экологических проблем при освоении морских нефтегазовых месторождений: Анализ национального и международного опыта. // Нефтегазовые технологии. – 2000. – № 2 – С. 21 – 31.

Казахская головная архитектурно-строительная академия, г. Алматы

**ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙДЫ ЖАҚСARTY ҰШІН ҰҢҒЫЛАУ
ЕРІТІНДІЛЕР МЕН ЕРІТКІШТЕРІНІҢ МИКРОФЛОРАСЫН
ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ**

Техн. ғылымд. докторы А.А. Айдосов
 Г.И. Ажиева

Ұңғылау кезінде әр-түрлі қиындықтарға әкелетін ұңғылау ерітінділерде микроорганизмдердің көбеюі қарастырылады. Олар біріншіден реагенттердің микробтармен жоюлуына байланысты, шығынымен, екіншіден микробтық жасушалар тіршілік өнімдеріне және жасушадан сырт ферменттердің жиналу нәтижесінде технологиялық орталар сапасының төмендеуіне байланысты. Осыған байланысты тек қана технологиялық, технико-экономикалық емес, сонымен қатар экологиялық маңызы бар, ұңғылау ерітінділерді және реагенттерді микробтық деструкциялардан қорғау жолдары зерттелген.

УДК 556. 114

**ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КАНАЛА
ЕРТИС – КАРАГАНДА****Сообщение 3. Микроэлементы, в том числе тяжелые металлы
в воде**

Доктор геогр. наук С.М. Романова

Приведен анализ литературных данных и материалы собственных многолетних исследований по изучению режима микроэлементов (фтора, бора, брома, йода) и ряда тяжелых металлов (меди, цинка, марганца, свинца, кадмия и др.) в воде канала им. К. Сатпаева.

В последние годы значительно возрос интерес к изучению микроэлементов в объектах окружающей среды, в частности, в природных водах, в связи с тем, что была выявлена их важная физиологическая и бальнеологическая роль в жизнедеятельности различных организмов. Не меньший интерес к микроэлементам в природных водах возник и в связи с возможностью использования их для поисков полезных ископаемых. Микроэлементы участвуют в различных биохимических, физико-химических, гидрохимических, гидробиологических и других процессах, а также в круговороте веществ. Их содержание учитывается при оценке качества вод.

В данном сообщении представлены результаты исследования неметаллов фтора, бора, брома и йода, а также тяжелых металлов меди, цинка, марганца, свинца, хрома, кадмия, алюминия, стронция и др. в воде канала Ертис – Караганда (КЕК) и р. Ертис. Содержание *фтора* в воде р. Ертис (г. Павлодар) в период исследования (1980...1993 гг.) колебалось в пределах 0...0,47 мг/дм³ [7], 0,20...0,80 мг/дм³, в то время как в 1960 г. [12] и 1969...1971 гг. не превышало 0,10 мг/дм³ [13].

За многолетний период среднегодовая концентрация фтора в воде КЕК меняется в пределах 0,20...0,52 мг/дм³, причем прослеживается цикличность в колебаниях концентраций (рисунок 1). Первые четыре года наблюдения (1979...1982 гг.) шло постепенное снижение среднегодового содержания фтора от 0,42 до 0,24 мг/дм³. Затем последующие три года концентрация практически не менялась (0,20...0,28 мг/дм³), а с 1986 г. по 1989 г. опять происходило снижение содержания от 0,52 до 0,36 мг/дм³.

Подобные изменения концентраций фтора можно объяснить изменениями гидрологических режимов р. Ертис и КЕК.

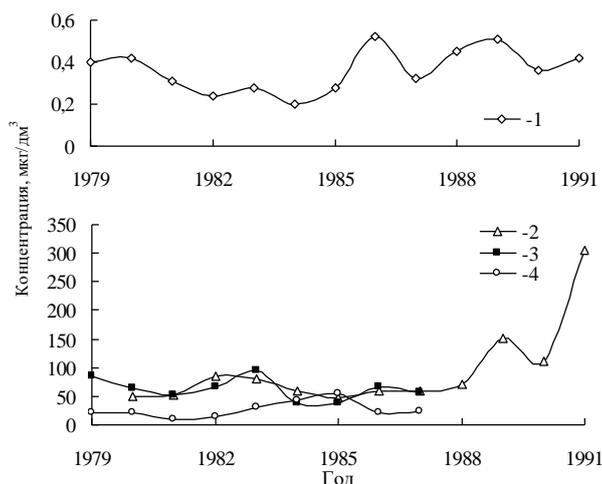


Рис. 1. Изменение концентраций фтора (1), бора (2), брома (3) и йода (4) в воде канала Ертис – Караганда в многолетнем цикле.

Внутригодовые колебания концентрации фтора отличаются на порядок (0,05...0,51 мг/дм³). Самые высокие среднесезонные концентрации фтора (0,65 и 0,75 мг/дм³) отмечены в зимнее время 1986 и 1989 гг. Если проследить сезонную динамику фтора, то выявляется следующая картина. Пределы колебания его концентраций составляют: зимой 0,20...0,75, весной 0,20...0,74, летом 0,15...0,47, осенью 0,20...0,40 мг/дм³, т.е. наибольшая разница $C_{\max} - C_{\min}$, равная 0,54...0,55 мг/дм³, приходится на зимнее время и раннюю весну, когда КЕК подпитывают грунтовые воды, более обогащенные фтором (0,95...2,05 мг/дм³) и другими минеральными солями. Минимальная разница $C_{\max} - C_{\min}$ (0,20...0,32 мг/дм³) приходится на летне-осенний период.

Содержание фтора в воде КЕК не выходит за пределы средних его концентраций в воде большинства рек СНГ и РК (0,2...0,7 мг/дм³) [8, 12], а в многолетнем цикле постоянно превышает ее ПДК в 3...15 раз. Важным источником фторид ионов и других микроэлементов в природных водах служат продукты разрушения горных пород, в состав которых входят фторапатит, турмалин, фосфорит, гранит, слюды, почвенная пыль и алюмосиликаты.

Исследования, проведенные Е.А. Гельфер, показали, что относительно высокие концентрации ионов натрия в воде способствуют, а кальция – подавляют извлечение фтора из пород (например, флюорита) и почв [5]. Поскольку вода КЕК по ионному составу является карбонатно-

кальциевой, можно предположить, что этот фактор в выщелачивании фтора из водовмещающих пород русла канала играет несущественную роль.

По мнению [3, 11] воды с высоким содержанием ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и SO_4^{2-} , напротив, способствуют обогащению их фтором. Авторы приводят результаты экспериментов, доказывающих свойства фтора как универсального адденда, способного образовывать с некоторыми элементами комплексные соединения. Последние способствуют устойчивости фтора в растворе и, следовательно, усиливают его мобильность. Для уточнения данного вопроса необходимо знать влияние кальциевых (магниевых) солей на растворимость фторсодержащих пород в присутствии главных ионов. Построенные нами графики зависимости содержания фтора от величины рН, минерализации, концентрации ионов Ca^{2+} , Na^+K^+ , HCO_3^- позволяют сделать вывод о тенденции фтора к повышению его количества в сторону большей минерализации. Причем для условий канала в интервале суммы солей 150...200 мг/дм³, значений рН 7,10...8,00, концентрации Ca^{2+} 20...32 мг/дм³ и Na^+K^+ 10...22 мг/дм³ наиболее характерные содержания фтора колеблются от 0,2 до 0,4 мг/дм³. Все соответствующие точки ложатся почти компактно в указанных интервалах. В отношении ионов кальция просматривается более компактное расположение точек в отдельные сезоны. Так, в зимний период большей концентрации (по среднеголетним данным) Ca^{2+} (31,2 мг/дм³) соответствует большая концентрация фтора, 0,59 мг/дм³; летом – меньшей концентрации Ca^{2+} соответствует и меньшая концентрация фтора (0,26 мг/дм³). Таким образом, влияние отдельных ионов на миграцию фтора в воде канала проявляется в неодинаковой степени в различные сезоны года.

Расчет отношения $F \cdot 10^4 / \sum u$ для воды КЕК дал цифру 19,4, что согласно [12] свидетельствует об обогащении воды фтором в результате выщелачивания пород, содержащих фтора в среднем $5 \cdot 10^{-2}$ % [4].

Другим источником фтора для водоемов ЭТЭК являются атмосферные осадки, куда он попадает из кислых вулканических дымов, содержащих фтороводород, а также с почвенной пылью и золой ЭГРЭС-1, 2. Снег, отобранный нами на территории, примыкающей к трассе КЕК и ВО ЭГРЭС-1, содержит в своем составе 0,05...0,15 мг/дм³ фтора.

Основным источником *бора* в природных водах считаются вулканические извержения. Однако осадочные породы богаче бором, чем магматические. По мнению А.П. Виноградова основная причина заключается

в формах нахождения бора в породах. В изверженных образованиях он представлен в труднорастворимой форме, а в глинистых породах и почвах содержание водорастворимого бора на 10 % больше. Поэтому подземные, грунтовые и поверхностные воды, связанные с глинистыми отложениями, более обогащены бором. По данным Т.А. Глебович пределы варьирования содержания бора в речных водах СНГ составляют 38...200 [6], а в реках Казахстана в 1960...1962 гг. 13...50, в т.ч. р. Ертис (г. Павлодар) – 43 [12].

Впервые детальное исследование режима, динамики и стока бора, а также фтора, брома и йода в воде рек и водоемов Ертиского бассейна проведено [13] в 1969...1971 гг. Установлено, что водоемы заметно различаются концентрацией бора (от 1,5 до 396 мкг/дм³). Средняя концентрация в воде р. Черный Ертис – 16,8, р. Ертис у с. Ертиское – 31,9 и оз. Зайсан – 64,6 мкг/дм³, т.е. отчетливо происходит накопление бора по течению реки. В 1970...1977 гг. бор в воде КЕК определил [1]: пределы колебания составляли 85...137 при средней концентрации 102,7 мкг/дм³. В 1989 г. вода р. Ертис содержала 50...155 мкг/дм³ бора (среднее значение 107 мкг/дм³), а в воде Экибастузского водохранилища (1989...1991 гг.) 15...410 при среднем значении 214 мкг/дм³.

Содержание бора в воде канала Ертис – Караганда (НС № 4) варьирует в широких пределах в многолетнем цикле, от 35 до 490 мкг/дм³. Во внутригодовом разрезе отмечается увеличение концентрации бора от зимы к лету в 6 случаях, и уменьшение в трех случаях из 11 лет наблюдений. В общем случае (анализируя 44 сезона года) значение $C_{\max} - C_{\min}$ составляет для: зимы 275, весны 155, лета 390 и осени 455 мкг/дм³. Среднемноголетние сезонные концентрации бора составляют для зимы 86,4, весны 72,1, лето 72,7, осени 127,2 мкг/дм³. Все это говорит о накоплении бора в основном в осенний и зимний периоды, поскольку канал в это время подпитывается грунтовыми водами с содержанием бора 170...740 мкг/дм³. Кроме того, возможно выделение бора из отмершего фито- и зоопланктона. Снижение концентрации бора весной и летом обусловлено потреблением его растениями и животными, обитающими в воде, а также поглощением иловой фракции, взвесьями, минеральными веществами.

Нами установлена более тесная корреляционная связь бора с общей минерализацией воды ($r = 0,85$) канала по сравнению с фтором ($r = 0,73$). Аналогичная связь выявлена и для других водоемов и водотоков Казахстана, России и других стран. Для условий канала при общей минерализации 150...200 мг/дм³, значений рН 7,2...7,9, содержании

HCO_3^- 80...110 мг/дм³, Ca^{2+} 18...31 мг/дм³, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 8...22 мг/дм³ наиболее характерные концентрации бора не превышают 150 мкг/дм³.

Во все сезоны многолетнего периода (за исключением марта 1989 г.) содержание бора превышает ПДК (17мкг/дм³) в 1,8...28,8 раз при среднее многолетнем превышении ПДК в 2,8...8,9 раз.

Малая распространенность *брома и йода*, трудность их определения долгое время были серьезным препятствием к познанию основных закономерностей их динамики и режима. На основании изучения работ по химии брома и йода в природных водах можно заключить, что для брома в силу его специфических геохимических особенностей характерны свои пути миграции по сравнению с другими галогенид-ионами – хлором и йодом. Но у них есть ряд общих свойств, обуславливающих близость этих путей: высокая растворимость солей, хорошая сорбируемость организмами и минеральными коллоидами, тесная связь с органическим веществом.

По данным Л.С. Селиванова, впервые определившего бром как микроэлемент, среднее его содержание в речных водах составляет 21 мкг/дм³. Позднее Г.С. Коновалов, определив бром в 30 крупных реках СССР, дает цифру 30 мкг/дм³. Исследуя режим и динамику брома в воде рек Ертиского бассейна автор [13] указывает среднегодовое его содержание в р. Ертис, равное 51,4 мкг/дм³.

Среднегодовые концентрации брома в воде КЕК в период 1979...1987 гг. варьировали в пределах 37...95 мкг/дм³ при среднесезонном изменении 15...111 мкг/дм³. Расчет изменения предельных значений концентрации брома показал, что для зимы он составляет 27...140 ($\Delta = 113$), весны 23...114 ($\Delta = 91$), лета 15...111 ($\Delta = 96$), осени 29...93 мкг/дм³ ($\Delta = 64$ мкг/дм³). Среднемноголетние сезонные концентрации брома изменяются в более узких пределах 56,1...68,3 мкг/дм³, причем от зимы к лету наблюдается постепенное снижение концентрации брома. Как и в случае фтора и бора, в зимний период повышенные концентрации брома объясняются тем, что канал подпитывают грунтовые воды, более обогащенные этим элементом (60...336 мкг/дм³).

Во внутригодовом цикле выявить определенные закономерности не удалось. Это объясняется тем, что бром принимает активное участие, особенно в летний период, в различных процессах гидроэкологической системы «вода – ил – растения – организмы». Связь брома с минерализацией слабая или отсутствует. Наличие такой связи выявлено и на других водных объектах [2, 15] и др.

Впервые обобщенные сведения о содержании йода в различных водах были даны Фелленбергом в 1924 г. По его данным содержание йода составляло: в питьевой воде 0,03...1,4, речной 0,37...1,32, дождевой 0,06...3,77, морской 10...40, минеральных источниках 17...6310 мкг/дм³. Итак, в реках, по Фелленбергу, йода содержится около 1 мкг/дм³ [12]. Однако по Г.С. Коновалову средняя концентрация йода в 1956...1959 гг. в них составляет уже 5...10 мкг/дм³ [10]. Это подтверждается и исследованиями КазНУ: в Балкашском бассейне горные реки Тургень, Есик содержат 1...4 мкг/дм³, Иле (до зарегулирования) 4...10 мкг/дм³ [9] и позднее в 1978...1983 гг. 3,7...46 мкг/дм³ при среднемноголетней концентрации 19,6 мкг/дм³; в Сырдарьинском бассейне 1,7...50 мкг/дм³; Ертыском бассейне 0,4...21,5 мкг/дм³, в том числе в р. Ертис – 5,1 мкг/дм³.

Содержание йода в воде КЕК колеблется в широких пределах 4,0...61,0 мкг/дм³, при среднегодовом многолетнем колебании 9,4...53,7 мкг/дм³. При этом пределы колебания концентрации йода в зимнее время составляют 10...61, весной 10...47, летом 7...53, осенью 4...20 мкг/дм³ при среднемноголетнем сезонном содержании, соответственно, 51; 37; 46 и 16 мкг/дм³. Определение йода в грунтовых водах из скважины, расположенной у НС №4, показало, что с увеличением глубины в 3 раза концентрация бора возрастает в 19 раз (от 7 мкг/дм³ при глубине 0,5 м до 133 мкг/дм³ при глубине 1,5 м).

В большинстве рек брома, как правило, в три раза больше, чем йода. Для характеристики этого соотношения рассчитывают коэффициент Br^-/I^- . В нашем случае этот коэффициент колеблется в пределах 2,4...5,6, и лишь в 1984, 1985 гг. 0,9...0,7.

Малые концентрации йода в речных водах вообще, а в воде КЕК в частности, объясняются тем, что йодиды нестойки, легко окисляются кислородом или ионами железа (III) до свободного состояния, переходя в атмосферу. Кроме того, йод с гумусом почв, илов (ОВ) дает очень прочные комплексы, которые и накапливаются в почвах и донных отложениях. Нами выявлена тесная корреляционная связь йода с ОВ (ПО и БО). Выявить четкие закономерности йода во внутрисезонном и годовом циклах не удалось, т.к. йод, также как и бром, является активным реагентом в различных внутриводоемных процессах.

В последнее десятилетие *тяжелые металлы* вышли на одно из первых мест среди загрязняющих веществ в водоемах ЭТЭК. Известно, что металлы участвуют во многих важнейших процессах и являются индикаторами

загрязнения водоемов. Так, медь и цинк относятся к так называемым «приоритетным» металлам и требуют постоянного контроля, поскольку увеличение их содержания может превратить эти жизненно необходимые для организмов элементы в токсиканты. Контроль содержания марганца, свинца и других элементов в водоеме необходим, т.к. они играют большую роль в развитии гидробионтов и их содержание строго регламентировано при водоподготовке и использовании для различных целей.

Медь, цинк и марганец определены в 1989...1991 гг. в воде р. Ертис (у водозабора) в количестве, соответственно, 1,3...7,5; 11,5...24,0 и 15,0...37,0 мкг/дм³, а в Экибастузском резервном водохранилище (ЭРВ): 1,5...6,5; 2,9...39,0 и 8,0...94,0 мкг/дм³. Сравнивая эти данные для р. Ертис с аналогичными за 1970...1977 гг. [1], отмечается заметное уменьшение концентрации меди в 7,6, цинка 1,7, марганца в 1,3 раза (по максимальной концентрации). В данном водохранилище уменьшение этих металлов за 12...14 лет еще больше, соответственно, в 5,2; 1,6 и 3,0 раза.

За период 1981...1993 гг. содержание *цинка* в воде КЕК (НС №4) колебалось в пределах 0...60; *меди* 0...27,0; *марганца* 3,0...91,0 мкг/дм³ при среднегодовых колебаниях, соответственно, 0...33,8; 0,7...17,0; 15,6...63,5 мкг/дм³ (рисунок 2). Повышение концентрации меди практически постоянно наблюдается в весенний и летний периоды (до 27 мкг/дм³), в зимний и осенний периоды она значительно ниже (0...0,8 мкг/дм³). Основной причиной повышенных концентраций меди является прогрев воды летом, более интенсивное поступление ее из донных отложений за счет ветрового перемешивания. Кроме того, в настоящее время факт нахождения в бассейне р. Ертис полиметаллических рудных месторождений известен широкому кругу специалистов. Низкие концентрации меди ранней весной обусловлены поступлением в русло КЕК талых снеговых вод.

По длине канала (протяженностью 120 км от НС № 1 до НС № 5, ниже ЭРВ) наблюдается некоторое увеличение концентрации меди у НС № 3 весной, летом 1989 г. и осенью 1989, 1990 гг. у НС № 5, что, возможно, связано с влиянием антропогенного фактора. Как отмечалось ранее, в водоемах трассы КЕК накапливается большое количество степной растительности, которая подвергается разложению и выделению в водные массы не только биогенных, органических веществ, но и вероятней всего металлов. Для более точного утверждения такого факта необходимо провести специальное исследование.

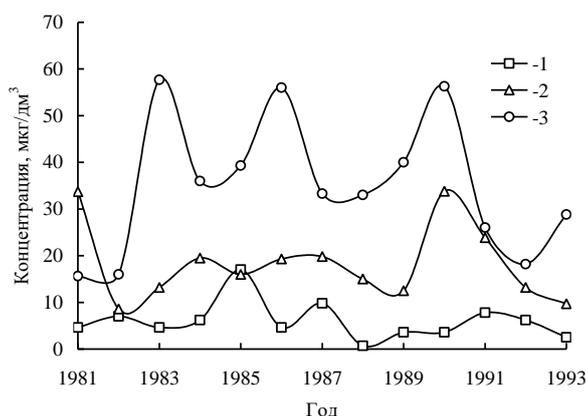


Рис. 2. Изменение концентрации меди (Cu), цинка (Zn) и марганца (Mn) в воде КЕК в многолетнем цикле.

Средняя концентрация меди в воде КЕК во все изученные сезоны (за исключением зимы 1988, 1989 гг.) превышает ПДК для рыбохозяйственных водоемов в 1,2...17 раз. Содержание цинка подвержено сезонным и межгодовым колебаниям. Поскольку цинка в литосфере относительно много, $8,3 \cdot 10^{-3} \%$ и он обладает большей миграционной способностью по сравнению с медью, повышенные его концентрации обнаруживаются в разные сезоны года. Сопоставляя среднегодовые и среднесезонные значения концентраций цинка, выявить определенные закономерности в режиме и динамике не удалось, что может быть связано с непостоянством водного режима в течение года. Средняя концентрация цинка в воде КЕК (за исключением трех случаев) превышает ПДК в 1,3...3,4 раз. По длине участка канала (около 130 км) наблюдается увеличение концентрации цинка почти в 3 раза. Аналогичная картина выявлена и для марганца. Максимальные его концентрации обнаруживаются в разные сезоны года многолетнего периода.

Изучая изменения средних концентраций Cu, Zn и Mn в многолетнем цикле в различные сезоны, выявляется следующая картина. Для каждого из металлов выявлен сезон года, где их концентрация максимальная: для Mn – весна, Cu – лето, Zn – лето и осень. Для цинка прослеживается тенденция к накоплению от зимы ($12,5 \text{ мкг/дм}^3$) к летне-осеннему периоду ($20,0 \dots 20,4 \text{ мкг/дм}^3$). Следует отметить тот факт, что пределы варьирования среднеемноголетних сезонных концентраций меди ($5,1 \dots 9,2$), цинка ($12,5 \dots 20,4$) и марганца ($29,6 \dots 39,0 \text{ мкг/дм}^3$) невелики. В порядке увеличения содержания металлов в воде КЕК их можно расположить в ряд: $\text{Cu} (7,0) < \text{Zn} (17,6) < \text{Mn} (33,1 \text{ мкг/дм}^3)$.

Содержание рассматриваемых металлов по глубинному разрезу воды канала в системе: поверхностный слой – придонный слой – иловый раствор увеличивается, соответственно, для меди 0,5 – 4,5 – 16,5; для цинка 6,0 – 30,5 – 32,0; для марганца 59,0 – 87,0 – 200 мкг/дм³. Такое увеличение концентрации металлов в иловом растворе говорит о том, что они переносятся в осадок не только живыми организмами при их отмирании, но и путем их адсорбции органическим веществом и с осаждением на твердых частицах, например, глине, карбонатах кальция и магния [14]. Определенную роль играют и грунтовые воды с повышенным содержанием металлов (меди 6,2...40; цинка 13,5...69,3; марганца 25,0...152,4 мкг/дм³).

Элементы *свинец, кадмий, стронций, барий, хром, алюминий* были определены методом спектрального анализа. Барий и стронций имеют близкие химические свойства как элементы одной группы. В частности, многие их соединения обладают сравнительно малой растворимостью. Хотя у бария относительно высокий кларк в литосфере ($6,5 \cdot 10^{-2}$ %) по сравнению со стронцием ($3,4 \cdot 10^{-2}$ %), тем не менее, в природе первый мигрирует хуже второго.

В воде р. Ертис содержание *стронция* колеблется в пределах 8,7...110, бария 0...9,0 мкг/дм³ при большем содержании весной. Отношение стронция к барию (Sr/Ba) много больше единицы, что свидетельствует о более активной миграции стронция. В воде канала содержание стронция и бария заметно возрастает по сравнению с р. Ертис и колеблется в пределах, соответственно, 20...210 и 2...11 мкг/дм³. Также как, для р. Ертис, для воды канала, максимальные концентрации стронция и бария отмечаются в весенне-летнее время.

Хром, как наиболее токсичный металл, обладающий канцерогенным действием, находится в прямой зависимости от валентных форм его существования. Наибольшую опасность представляют высокотоксичные соединения хрома (VI). За весь период исследования содержание хрома в воде канала колебалось в пределах 0,5...6,5 мкг/дм³, в р. Ертис 1,8...2,0 мкг/дм³. Максимальная концентрация хрома в воде канала (6,5 мкг/дм³) зафиксирована в весенний период. Среднее значение концентрации хрома в воде р. Ертис (1,7 мкг/дм³) несколько больше, чем в воде канала (1,2 мкг/дм³). Превышение ПДК по хрому не наблюдается (ПДК *хрома* = 50 мкг/дм³).

Исследования, проведенные Н.А. Амиргалиевым в 1970...1977 гг., показали, что вода р. Ертис, водохранилищ, расположенных вдоль трассы

КЕК и канал у г. Караганды, превышала ПДК по меди в 6...76; цинку в 0,6...6,4; марганцу 0,5...1,5; барии 0,5...1 раз, а кобальт, никель, свинец, молибден, хром, ванадий, титан не превышают ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения [1] и сопоставимы с данными КазНУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиргалиев Н.А. Гидрохимия канала Иртыш-Караганда. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 199 с.
2. Амиргалиев Н.А., Григорьева Э.Н. Загрязнение крупнейших водоемов Казахстана сточными водами // Тез. докл. 26 Всес. гидрохим. совещ. - Новочеркасск, 1975. –3 с.
3. Бектуров А.Б., Мун А.И., Базилевич З.А. Некоторые вопросы распределения фтора в природных водах Казахстана //Вестник АН ССР. – Сер. хим. – 1962. – Вып. 3, № 10. – С. 69-78.
4. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 38-49.
5. Гельфер Е.А. Факторы, влияющие на содержание фтора в природных водах // Гидрохимические материалы. – Л.: Гидрометеоздат. – 1968. – Т. 46. – С. 45-48.
6. Глебович Т.А. О содержании бора в море, озерах, реках // Тр. биогеохим. лаб. - М.: Изд. АН СССР. – 1964. – Вып. 8. – С. 20-31.
7. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохранных мероприятий по территории КазССР. Алматы, 1986...2002 гг.
8. Зенин А.А., Сергеева О.В., Земченко Г.Н. Коэффициенты превращения (распада) загрязняющих веществ в воде //Обзорная информация ВНИИГ МИ – МЦД.- М., 1977.- Вып.1.- 43 с.
9. Ибрагимова М.А. Физико-химическая характеристика воды рек бассейна оз. Балхаш: Афтореф. дис. ... канд. хим. наук. – Алма-Ата: КазГУ, 1969. – 24 с.
10. Коновалов Г.С., Иванова А.А. Содержание и режим микроэлементов в воде и во взвешенных веществах в бассейне р. Волги // Гидрохим. материалы. Л.: Гидрометеоздат. – 1972. – Т. 53. – С. 60-69.
11. Крепкогорский Л.Н. Фтор в поверхностных водах Казахстана // Гидрохим. материалы. – Л.: Гидрометеоздат, 1960. – Т. 30. – С. 27-39.
12. Мун А.И., Бектуров А.Б. Распределение микроэлементов в водоемах Казахстана. – Алма-Ата: Наука, КазССР, 1971. – 290 с.

13. Пильгук В.Я. Физико-химия воды р. Иртыш в условиях создания водохранилищ: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Алма-Ата: КазГУ.- 1975. - 30 с.
14. Романова С.М., Казангапова Н.Б. Озеро Балхаш – уникальная гидро-экологическая система. – Алматы: ДООИВА Братство, 2003. – 175 с.
15. Цивьян М.В., Коротун Л.В. К вопросу миграции тяжелых металлов в системе «вода – дно». – М.: ЦИОНТ ПИК, ВИНТИ. – 1980. – № 32. – 39 с.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, г. Алматы

ЕРТИС ҚАРАҒАНДА КАНАЛЫНЫҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ РЕЖИМІНІҢ СИПАТТАМАСЫ

3 - ші хабарлама. Судағы микроэлементтер, оның ішінде ауыр металдар

Геогр. ғылымд. докторы С.М. Романова

К. Сатпаев атындағы канал суының көп жылдық цикліндегі микроэлементтер (фтор, бор, бром, йод) мен ауыр металдарды зерттеудің әдеби шалулары мен өзіндік зерттеу жұмыстараның материалдары келтірілген.

УДК 556.5.114 (075.8)

**О КОЛИЧЕСТВЕННЫХ КРИТЕРИЯХ УСТОЙЧИВОГО
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Доктор техн. наук М.Ж. Бурлибаев

В современных условиях при определении устойчивости экосистем, в том числе и речной экосистемы, полностью отсутствуют количественные характеристики (критерии) оценки этой самой устойчивости, а ограничиваются словесными описаниями устойчивости, что, в свою очередь, приводит к затруднению принятия управленческих решений по восстановлению деградированных речных экосистем. Считаем, что такой подход для восстановления речных экосистем с точки зрения инженерных методов не приемлем на практике. Исходя из такой аксиомы, необходимы количественные характеристики (критерии) устойчивости речных экосистем, зависящие от гидрологического режима водотоков, чему, собственно говоря, посвящается данная статья.

В дополнение к выше сказанному подчеркнем, что к потери сообществами прежней ценотической роли относительно оптимума, развитию и утверждению более гигро- и гидрофильных видов в многоводные годы, входящих в состав ценоза в виде развитых растений, приводит и существование процесса анабиоза переувлажнением для ксеро- и галофитных видов растений. В данном случае процесс анабиоза нами понимается в изложении академика А. Голдовского, временное прекращение активной жизнедеятельности в зависимости от условий среды обитания [11]. Следует оговориться, что А. Голдовским рассматриваются только три вида анабиоза - при высыхании, охлаждении и в связи с высокой концентрацией солей, приводящих к осмотическим давлениям, то есть им полностью игнорируется процесс анабиоза при высоком переувлажнении, который на заре развития пойменного луговедения Т. Работновым и А. Шенниковым и объясняли переходом во вторичное состояние покоя [12, 13].

На длительное затопление реакция почв пойменных лугов по соле-накоплению адекватная, то есть если в начальный период затопление действует в качестве промывного режима, то далее это приводит к повышенному солесодержанию в результате осаждения валового объема солей и поднятия

уровня сильно минерализованных грунтовых вод [2, 3, 4,]. При этом преобладающим в составе солей становится сульфат натрия с последующей заменой сульфатами кальция и магния и с дальнейшим увеличением солесодержания хлористого натрия. При этом основной причиной нарушения важнейших физиологических функций луговых растений выступает токсическое воздействие избытков ионов легкорастворимых солей, сказывающихся прежде всего в подавлении синтеза белка. Как правило, при этом, ингибируется рост и развитие митохондрий и хлоропластов, подавляется биосинтез хлорофилла и, следовательно, процессы фотосинтеза и дыхания. Иначе говоря, в данном случае подтверждается не только тезис, выдвигаемый нами о анабиозе переувлажнением, но и анабиоз А. Голдовского по высокой концентрации солей в почвах затопляемой поймы [11].

При краткочастотности или отсутствия затопления, соленакопление происходит из-за эолового солепереноса из окружающих солончаков за счет турбулентной диффузии атмосферного воздуха. При отсутствии затоплений, служащих промывным режимом пойменных почв в соленакоплении возрастает роль сульфата натрия и хлористого магния при резком снижении концентрации сульфата кальция, что, в свою очередь, приводит к преимущественному произрастанию гало-, глико-, и ксерофитов и резкому снижению биопродуктивности. Между тем известно, что в зависимости от продолжительности затопления, солесодержание выдерживало схему по анионному составу гидрокарбонатно - сульфатно - хлоридности, тогда как его катионное содержание было подвержено сезонному колебанию. Ранее было акцентировано внимание на наступление анабиоза переувлажнением: в противовес этому в данном случае наступают анабиозы, вызванные высушиванием и высокой концентрацией солей. Иначе говоря, в этом вопросе речная экосистема чутко реагирует и видоизменяется в зависимости от продолжительности затопления, которые связаны с обеспеченностью стока весеннего половодья и паводков.

Подводя черту вышесказанному, отметим, что для отдельных фитоценозов, преобладающих при различных гидрологических режимах (длительное, среднее, краткое затопление или его отсутствие), в многолетнем разрезе наблюдений отсутствует биологическая устойчивость характерная для одной постоянной фазы гидрологического режима водотока. В зависимости от гидрологического режима фитоценозы пойменных лугов подвержены смене формации, чему доказательством служит наблюдаемое доминирование в общей биопродуктивности гидро - и гигрофитов при длительном затоплении, гало - и ксе-

рофитов при кратком или же в отсутствии затопления. Как показывает динамика изменения гидрологического режима, в природе не существуют закономерности сохранения принципа цикличности: многоводье → среднее по водности → маловодье → отсутствие затопления → многоводье. По этой причине применение к речной экосистеме понятия сукцессии, то есть последовательной смены биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории под влиянием природных или антропогенных факторов по вышеприведенной схеме не всегда оправданно. В отношении речной экосистемы применение понятия толерантности, то есть способности биоценозов выносить отклонение факторов среды обитания от оптимальных, более обоснованно. Гомеостаз, то есть состояние внутреннего динамического равновесия, характерен, и как идеал, но достигается, тогда, когда относительное благополучие речной экосистемы (биопродуктивность и соленакопление) наблюдаются в годы со средней продолжительностью затопления ($P = 50...60\%$), за счет доминирования в растительном сообществе разнотравья [3-13]. Этот же процесс смены растительности, согласно Л. Алексеенко и С. Разумовскому [1] называется экогенетической сукцессией, когда местообитание отдельного растительного сообщества становится со временем более пригодным не для данной, а для другой ассоциации сообществ, которая и заменит ее путем вытеснения, как видим, вводится в понятийный аппарат сукцессии отличие от классического подхода.

Представляется необходимым, дополнительно к выводам вышеперечисленных ученых, добавить, что этот вопрос должен быть рассмотрен во взаимосвязи с речной экосистемой, а не как сугубо абстрактный процесс смены формации. В этой связи смену формации растительного сообщества более целесообразно представить как отклик речной экосистемы на возмущающие внешние факторы, то есть на меняющийся из года в год гидрологический режим водотока. При такой постановке задачи появляются более объективные комплексные показатели смены растительного сообщества в прямой зависимости от гидрологического, гидрохимического, почвенного, температурного и т.д. режимов, основывающихся на экологической валентности речной экосистемы, то есть степени приспособляемости биоценозов к изменениям окружающей среды.

В таком случае стохастическая природа стокообразования в купе с речной экосистемой, дают более научно обоснованные представления о таких понятиях, как вторичное состояние покоя, состояние анабиоза и адаптационный синдром, с точки зрения физиологии растительного сообщества. Поэтому толкование Н. Реймерса об устойчивости экосистемы,

выражающейся в способности экосистемы к реакциям, пропорциональным по размеру силе воздействия, считаем необходимым дополнить, применительно к речной экосистеме, как внутреннюю ее самоорганизацию по преодолению адаптационного синдрома, в виде видоизменяющегося ее отклика на воздействие внешних факторов, то есть гидрологического, гидрохимического и др. режимы. В связи с чем еще раз подчеркнем, что в речной экосистеме, в отличие от материковой части геоэкосистемы, большая роль принадлежит толерантности, нежели сукцессии.

В наших исследованиях привлеченная гомеостатическая кривая Б. Фащевского по воспроизводству фитофильных рыб также показывает, что максимальные показатели ската молоди наблюдаются именно при средних значениях затапливаемости пойменных лугов. При длительном затоплении, с учетом повышенного содержания взвешенных наносов в стоке и больших скоростей весеннего половодья и паводков, минимизация скатываемости молоди объясняется заилением ареала нерестилищ в виде наилок, что в свою очередь приводит к их гибели. При отсутствии затопления многие виды половозрелых фитофильных рыб не участвуют в воспроизводстве рыбных запасов, что обусловлено, прежде всего, отсутствием традиционных мест нереста, то есть затапливаемых пойменных лугов.

Таким образом, полученные результаты исследований показывают, что у речной экосистемы по динамике биопродуктивности травостоя, соленакопления, почвообразовательному процессу и по воспроизводству фитофильных рыбных запасов, наблюдаемых в условиях условно-естественного гидрологического режима, нет достаточной самоорганизации по сохранению устойчивости на уровне оптимальных показателей в противовес изменяющемуся из года в год гидрологическому режиму. Иначе говоря, у речной экосистемы нет возможности устойчивого сопротивления, как отклик, наступающему адаптационному синдрому, а есть только толерантность экосистемы. В итоге мы получаем закономерный вопрос, что понимать в таком случае под устойчивостью речной экосистемы.

То, что для речной экосистемы р. Шу оптимальным уровнем устойчивого развития является год с $P = 50$ % обеспеченностью (рис.), определено нами выше. В данном разделе еще раз коснемся экологически допустимых уровней воздействия на речные экосистемы. При этом метод нормирования воздействий на речные экосистемы, основанный на биотической концепции контроля окружающей среды, позволяет оценить состояние речной экосистемы по шкале норма – патологии с помощью ранее

полученных зависимостей. Следовательно, ставится задача – оценить уровни воздействия гидрологического режима на речную экосистему, вызывающие неблагоприятное состояние последней.

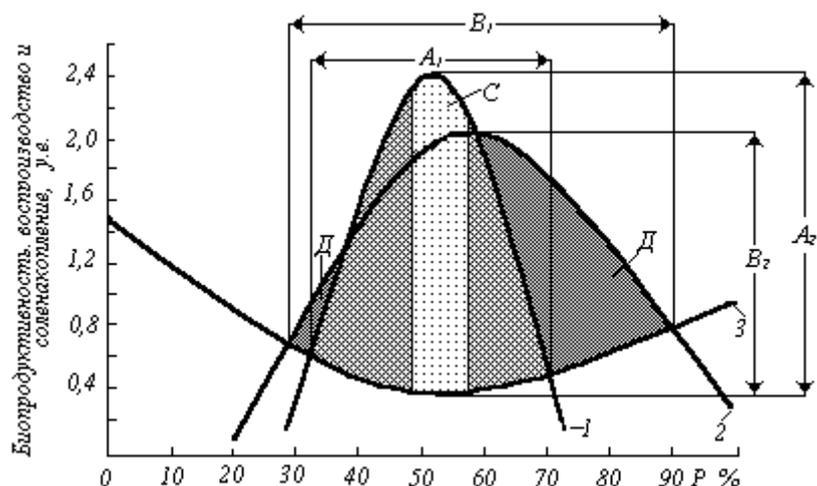


Рис. Зависимости биопродуктивности травостоя пойменных лугов (1), воспроизводство рыбных запасов (2) (гомеостатическая кривая Б. Фацевского) и соленакопления почв пойменных лугов (3) от водообеспеченности весеннего половодья и паводков на примере р. Шу. A_1 , A_2 , B_1 , B_2 – ограничения области определения функций в пределах автономного режима (С) и периодических решений (Д).

Пусть P – фактор среды, то есть гидрологический режим реки, U – оценка состояния речной экосистемы (устойчивость), E – экологически допустимый уровень воздействия. При этом следует отметить, что экологическое благополучие речной экосистемы достигается при $P < E$. Заддим условие, что такое же состояние наблюдается, то есть благополучное при $U < F$, и неблагополучное, если $U \geq F$, где F – заданная константа.

Рассмотрим такие случаи, когда неблагополучные значения находятся как справа, так и слева от значений устойчивости при $P = 50\%$ по стоку. Иначе говоря, в общем случае граница области экологически допустимых значений фактора двусторонняя и определяется двумя константами (E_1 и E_2), а значения a, b, c, d задаются следующими условиями:

a – число наблюдений, для которых; $U < F$ и $E_1 < P < E_2$;

b – число наблюдений, для которых $U < F$, а $P \leq E_1$ или $P \geq E_2$;

c – число наблюдений, для которых $U \geq F$ и $E_1 < P < E_2$;

d – число наблюдений, для которых $U \geq F$, а $P \leq E_1$ или $P \geq E_2$.

В соответствии с поставленными задачами и обозначениями точность детерминации (*при* $P \geq E$, $U \geq F$) определяется как:

$$T = d / (b + d). \quad (1)$$

А полнота (*при* $U \geq F$, $P \geq E$):

$$D = d / (c + d). \quad (2)$$

Определить влияние P на U – значит, в первую очередь, найти оптимальное значение параметра E (*или* E_1 и E_2) при заданном значении F . Далее будем считать оптимальным такое значение E , которому соответствует максимальное значение полноты D при заданной нижней границе точности T .

Дальнейшие исследования, базирующиеся на полученной зависимости, приведенной в работах [2, 3, 4, 5, 6, 13] показали, что максимальная полнота достигается при $P = 50\%$ обеспеченности, то есть достигается при минимальном экологически допустимом уровне (ЭДУ) воздействия на речную экосистему.

Как в нашем случае, если факторов среды несколько, то их однофакторные ЭДУ могут быть рассмотрены в совокупности. Например, неблагоприятное состояние речной экосистемы обнаруживается, если значение хотя бы одного из факторов $P_1, P_2 \dots P_m$ превышает экологически допустимый уровень. Тогда соответствующим образом переопределяются значения a, b, c, d . Принимается что

для a : $U < F$ и $P_i < E$ для всех P_i ;

для b : $U < F$ и $P_i \geq E$ хотя бы для одного P_i ;

для c : $U \geq F$ и $P_i < E$;

для d : $U \geq F$ и $P_i \geq E$ хотя бы для одного P_i .

При таком переопределении a, b, c, d формулы для T и D сохраняют прежний вид. Полученное «суммарное» значение D не меньше одномерных значений, однако, объединенная точность может стать меньше минимально допустимого значения. Таким образом, полученные результаты

показывают, что оптимальное значение устойчивого развития речной экосистемы р. Шу достигается при $U_{opt} = 1$, т.е. определяемое из соотношения:

$$U_{opt} = \left(\frac{U_{i(P=50\%)}}{U_{cp.mn}} \right) - 1, \quad (3)$$

где U_{opt} – оптимум устойчивости развития речной экосистемы; U_i – устойчивость при P=50% обеспеченности стока; $U_{cp.mn}$ – среднемноголетний показатель устойчивости речной экосистемы.

В данном случае под устойчивостью речной экосистемы следует понимать сам процесс толерантности, ибо в широком смысле толерантность означает и устойчивость, и выносливость, и переносимость речной экосистемы с учетом ее специфики выживания, с включением в этот ряд процессов сопротивления, мобилизации всех компенсаторных механизмов системы, то есть поведенческих, физиологических, биохимических и т.д., против действия внешних возмущающих факторов. Однозначно, что эта устойчивость не есть устойчивость из теории механики, где под устойчивостью понимается автоматическое восстановление равновесного состояния системы после воздействия внешнего возмущающего фактора.

Здесь более приемлема к речной экосистеме биологическая устойчивость, несмотря на незначительность признаков устойчивости по самосохранению каждый год на уровне оптимальных показателей по биопродуктивности травостоя, соленакоплению и воспроизводству рыбных запасов в зависимости от гидрологического режима.

В этой связи, в плане восстановления деградированных речных экосистем республики, на первое место выходит разработка методов по обоснованию экологического стока рек ниже крупных гидротехнических сооружений, в основу которых должны быть положены показатели и критерии устойчивости для различных обеспеченностей года по водности, определяемая для каждого речного бассейна в отдельности, исходя из их экосистем. При этом экологический сток из года в год не может быть постоянным, его количественная характеристика для отдельно взятых лет изменяется в зависимости от климатических и антропогенных факторов конкретного года. Как ранее отмечалось [5, 6, 7, 8, 9, 10], исходя из физико-географических условий рассматриваемого региона, пустынный климат оказывает на речную экосистему постоянное контролирующее воздействие.

При антропогенном изменении естественного хода гидрологического режима и сокращении объемов паводкового стока для ландшафтов низовий реки Шу наиболее устойчивым является опустыненное состояние, так называемая локальная устойчивость. Но устойчивое опустыненное состояние ландшафта не является оптимальным для всей речной экосистемы. Необходимо разработать комплекс взаимосвязанных мероприятий для поддержания геосистемы в целом в состоянии постоянного и устойчивого равновесия. Поэтому в настоящее время стала насущной проблема восстановления деградированных речных экосистем путем научного обоснования экологического стока рек. При этом экологический сток реки, в виде гидрографа внутригодового распределения, должен присутствовать постоянно как элемент природы, а не осуществляться эпизодично, как ныне практикуемые санитарные попуски.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенко Л.Н. Продуктивность луговых растений в зависимости от условий среды. – Л.: Изд-во: ЛГУ, 1967. – 168 с.
2. Бурлибаев М. Ж. Биопродуктивность травостоя пойменных лугов р. Шу как индикатор динамичного развития речной экосистемы // Гидрометеорология и экология. – 1998. – № 1-2. – С. 79-93.
3. Бурлибаев М. Ж. Об одной задаче оценки сравнительной устойчивости речной экосистемы из детерминированного равновесного состояния ее развития // Гидрометеорология и экология. – 1998. – № 3-4. – С. 69-85.
4. Бурлибаев М.Ж. К вопросу определения концепции устойчивости речных экосистем // Гидрометеорология и экология. – 2000. – №2. – С. 24-33.
5. Бурлибаев М.Ж. Об исключительной роли уровня режима в жизнедеятельности речной экосистемы // Гидрометеорология и экология. – 2000. – №1. – С. 9-20.
6. Бурлибаев М.Ж. Очередное испытание устойчивости речной экосистемы в условиях периодических решений ее детерминированного состояния развития // Гидрометеорология и экология. – 1999. – № 1. – С. 75-85.
7. Бурлибаев М.Ж., Абдрасилов С.А., Таиров Т.З. Оценка устойчивости русла реки Иртыш по методу К.В. Гришанина // Гидрометеорология и экология. 2002. – № 3. – С. 54-61.
8. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Волчек Н.П. Выявление резервов воды для обводнения пастбищ // Обводнение и сельскохозяйственное водоснабжение в СССР. – 1988. – № 7. – С. 2-8.

9. Бурлибаев М.Ж., Зубаиров О.З. Экологическая оценка стока как критерий продуктивности пойменных лугов реки Чу // Водные ресурсы: опыт использования и проблемы. – Тараз: ЖГМСИ, 1997. – Вып.2. – С. 31-35.
10. Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж., Тажмагамбетов Е.А. О некоторых проблемах загрязнения трансграничных рек Казахстана в Центрально-Азиатском регионе // Современные проблемы гидроэкологии внутриконтинентальных бессточных бассейнов Центральной Азии / Доклады к международной научно-практической конференции. – Алматы: 2003. – С. 36-41.
11. Голдовский А.М. Анабиоз. – Л.: Наука, 1981. – 136 с.
12. Работнов Т.А. Луговедение. – М.: 1984. – 320 с.
13. Шенников А.П. Луговедение. – М.: МГУ, 1991. – 612 с.

Казахстанское Агентство Прикладной Экологии (КАПЭ), г. Алматы

ӨЗЕН ЭКОСИСТЕМАСЫНЫҢ ОРНЫҚТЫ ЖҰМЫС ІСТЕУІНІҢ САНДЫҚ КРИТЕРИЯЛАРЫ ТУРАЛЫ

Техн. ғылымд. докторы М.Ж. Бүрлібаев

Қазіргі заманғы жағдайда экосистеманың орнықтылығын, соның ішінде өзен экосистемасын анықтау үшін, сол орнықтылықты бағалаудың сандық сипаттамалары (критериялары) толығымен кездеспейді, сондықтан орнықтылықтың тек сөздік сипаттамаларына сүйенсек, өз кезегінде деградацияға ұшыраған өзен экосистемасының қалпына келтірудегі басқару шешімдерін қабылдауда қиыншылықтар туғызады. Бұл тәсілмен өзен экосистемасын қалпына келтіру инженерлік тұрғыдан жарамсыз болып табылады. Осындай аксиомадан шығатын тұжырым, су ағындарының гидрологиялық режиміне тәуелді өзен экосистемасының орнықтылығының сандық сипаттамалары (критериялары) қажет. Мақала осы мәселеге арналады.

УДК 577.4

**ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ МИКРОФЛОРЫ БУРОВЫХ
РАСТВОРОВ И РЕАГЕНТОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ**Доктор техн. наук А.А. Айдосов
Г.И. Ажиева

Рассматривается размножение микроорганизмов в буровом растворе, приводящее к различным осложнениям при бурении, которые, во-первых, связаны с повышением расходов реагентов, возникающим из-за разрушения их микробами, а, во-вторых, ухудшением качества технологических сред в результате накопления в них внеклеточных ферментов и продуктов жизнедеятельности микробных клеток. В связи с этим исследованы возможности защиты буровых растворов и реагентов от микробной деструкции, имеющей не только технологическое, технико-экономическое, но и экологическое значение.

Анализ исходных материалов показал, что промывочная жидкость для бурения скважин в момент ее приготовления содержит определенные микробные сообщества. Как известно, в процессе циркуляции в скважине буровой раствор может обогащаться выбуренными породами, нефтью и газами, а также смешиваться с пластовыми водами и поэтому в промывочных жидкостях, используемых при бурении нефтяных и газовых геолого-разведочных скважин, количество и видовой состав микроорганизмов увеличивается. Размножение микроорганизмов в буровом растворе приводит к различным осложнениям при бурении: повышаются расходы реагентов, ухудшается качество технологических сред, происходит деградация нефти, деструкция и ухудшение свойств буровых растворов, коррозия оборудования, образуются газообразные продукты, в том числе сероводород, аммиак, летучие амины, загрязняющие окружающую среду [1-11]. В связи с этим защита буровых растворов и реагентов от микробной деструкции имеет не только технологическое, технико-экономическое, но и важное экологическое значение.

По данным работ [3, 4, 10] количество гетеротрофных микроорганизмов составило в различных образцах буровых растворов от 10^6 до 10^9 микробных клеток на 1 г, возрастая по мере использования раствора на 1...4 порядка.

Количество микроорганизмов в буровых растворах возрастало в летний период (независимо от температуры на забое) и достигало $10^8 \dots 10^9$ кл/г.

Нами выявлено, что количественный и качественный состав микрофлоры буровых растворов не зависит от района и зоны бурения, а определяется наличием в буровом растворе определенных химических компонентов и условиями, создающимися в скважине и с первых дней буровой раствор содержит микроорганизмы ($5 \cdot 10^6$ кл/г гетеротрофных и 10^7 кл/г сульфатредуцирующих). По мере использования раствора, количество бактерий нарастает и через 4 месяца от начала бурения при глубине забоя 3200 м составило $7 \cdot 10^7$ кл/г. Количество сульфатредуцирующих бактерий продолжает оставаться на высоком уровне.

Если в начале растворы, обработанные углещелочным реагентом (УЩР) и нефтью, преобладала гнилостная грамтрицательная флора то через 4 недели от начала бурения, после введения в раствор карбоксиметилцеллюлозы – КМЦ (КССБ-4), изменилось соотношение микроорганизмов в сторону повышения количества грамположительных спороносных цепочек, обладающих целлюлозотической активностью. Использование для обработки бурового раствора 15 % УЩР, выявило высокую степень его зараженности гнилостными бактериями, многие из которых обладали также способностью к нефтеокислению. В 1 мл раствора УЩР содержалось $4 \cdot 10^8$ микробных клеток, преимущественно грамтрицательных бактерий. Те же группы и виды микроорганизмов были выделены и из бурового раствора.

Что касается сульфатредуцирующих бактерий, то они присутствовали как в растворе УЩР, так и в нефти, использованной в качестве смазочной добавки при бурении. В данном случае источником инфицирования бурового раствора послужил УЩР, который поступает на буровое предприятие в виде раствора и длительное время хранится там. Введение нефти или смазочной добавки на основе углеводородов способствует развитию ассоциатов нефтеокисляющих и сульфатредуцирующих бактерий. Соотношение отдельных систематических групп микроорганизмов в буровых растворах может измениться. В большинстве случаев споровые грамположительные и аспорогенные грамтрицательные палочки находятся в буровом растворе примерно в равных количествах.

Анализ обработанного графитом и свежеприготовленным из сухого порошка УЩР бурового раствора показал, что в первоначальных образцах его содержалось относительно небольшое количество гетеротрофных микроорганизмов $\sim 10^6$ кл/г, представленных грамположительными и гра-

мотрицательными палочками при отсутствии сульфатредуцирующих бактерий. Но через месяц после начала бурения, в результате введения в раствор КМЦ, окзила и КССБ-4 количество микроорганизмов возросло до $2 \cdot 10^8$ кл/г. Наряду с этим появляется большое количество слизистых ба-цилл, которые вытесняли остальную форму. Бурение при таких условиях осложняется, так как технологические свойства раствора резко ухудшаются. В растворе КМЦ и окзила также были обнаружены слизепобразующие бациллы. Эти слизепобразующие бациллы, которые, достигая до $10^8 \dots 10^9$ микробных клеток на 1 г раствора, поражают почти все буровые растворы, обладают высокой целлюлозолитической активностью, и приводят к быстрому разрушению КМЦ.

При исследовании буровых растворов, отобранных с забоя больших глубин до 5546 м (Прикаспийский регион), преобладала гнилостная флора, продуцирующая большое количество газообразных веществ, в том числе таких, как сероводород и аммиак. На многих буровых скважинах выявлены ухудшение технологических свойств буровых растворов, требующих дополнительных обработок их химическими реагентами и приводящих к снижению технико-экономических показателей бурения. Анализ показал, что заражение буровых растворов и реагентов, используемых для регулирования технологических свойств, происходит одними и теми же видами микроорганизмов (сульфатредуцирующими бактериями и слизепобразующими бациллами), причиной которого являются долго хранящиеся используемые реагенты (КМЦ, М-14, окзил).

Бурение скважин, которое ведется в благоприятных для развития микроорганизмов климатических условиях (Северный Каспий), потеря от микробиологической деструкции реагентов может быть ощутимой. Исследование данных, имеющихся по районам, показало, что в буровых растворах содержится $2 \cdot 10^6$ кл/г гетеротрофов, $10^6 \dots 10^8$ сульфатредуцирующих и $10^6 \dots 10^8$ нефтеокисляющих микроорганизмов [5, 6, 7]. Однако, исследование показывает, что поражение буровых растворов микроорганизмами имеет место на всех скважинах. Анализ данных буровых растворов, дал нам возможность доказать, что микробная обсемененность и состав микрофлоры определяется не только компонентами раствора, но зависит и от горно-геологических условий почв, грунтовых и подземных вод [1].

Как известно, бурение глубоких скважин проводится на целый ряд полезных ископаемых (нефть и газ, пресные и минерализованные воды, калийные и каменные соли, бурые угли и горючие сланцы и др.) Для при-

готовления буровых растворов используют глинопорошки. Для обработки глинистых растворов используются крахмал, КМЦ, гипан, метан, окзил, УЩР и др. Анализ данных [6, 8, 9, 11] по исследованию микрофлоры природных органических материалов показал, что для роста микроорганизмов в торфяных почвах необходимо наличие питательных и биологически активных веществ, а также оптимальные значения кислотности среды – pH около 7. Рост и развитие грибов происходит при $pH = 5,0$. Так для нитрифицирующих и клубеньковых бактерий, а также для актиномицет характерны более высокие значения pH . Для аэробных микроорганизмов необходим кислород, а для строго анаэробных бактерий – его отсутствие. Таким образом, в осоковом и тростниковом торфе выявлена численность микроорганизмов, которая приведена в табл. 1.

Таблица 1

Численность микроорганизмов в торфе

Обобщенные показатели	Осоковый торф ($P = 25...30\%$)	Тростниковый торф ($P = 35...40\%$)
Общая численность бактерий, млрд./г	13,9	10,5
Количество сухой биомассы, мг/г:		
Грибов	2,9	1,9
Бактерий	0,28	0,22
Общая биомасса грибов и бактерий, мг/г	3,18	2,2
То же в % к сухой массе торфа	0,22	0,21

Отсюда следует, что:

- общее количество биомассы микроорганизмов преобладает в осоковом торфе со степенью разложения (P) 25...30 %;
- в донных отложениях сапропелей и их залежах количество бактерий, разрушающих белковые вещества, исчисляются десятками миллионов клеток.

Такое же количество микроорганизмов, усваивающих минеральный азот и олигонитрофилов; меньшее количество маслянокислых бактерий – сотни тысяч и миллионы на 1 г. В отличие от торфа в сапропелях обнаруживаются тысячи клеток микроскопических грибов и немногим менее актиномицетов и целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Разложение клетчатки в верхнем слое сапропели происходит в результате жизнедеятельности грибов и бактерий.

Установлено, что количественный и качественный состав микрофлоры в пределах одного месторождения может сильно отличаться. Количество и видовой состав микрофлоры сапропелей зависит от зольности:

чем она выше, тем беднее сапрпель микроорганизмами. Аммонифактуры в среднем по размеру залежи в высокозольных сапрпелях исчисляются от сотен тысяч до нескольких миллионов, а в малозольных от 18 до 50 млн. клеток на 1 г. Соответственно сапрпелей олигонитрофилов и бактерий насчитывается несколько миллионов в малозольных органических сапрпелях. Несмотря на меньшее содержание микроорганизмов, в погребенных сапрпелях имеются жизнеспособные бактерии и грибы, что следует учитывать при использовании их для приготовления буровых растворов. Малозольные торфы и органические сапрпели обладают высокой структурирующей способностью, что позволяет использовать их в качестве твердой фазы буровых растворов различного назначения.

Из анализа этих материалов нами выявлено, что буровые растворы удовлетворительного качества могут быть получены путем диспергирования торфа или сапрпеля в водной среде. При этом протекают сложные физико-химические процессы. В результате диспергирования происходит дезагрегация частиц твердой фазы с образованием более мелких агрегатов, растет удельная поверхность твердой фазы, в раствор переходят водорастворимые вещества и создаются условия для низкотемпературного гидролиза. Простейшие дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза и др.) переходят в жидкую фазу продиспергированных естественных дисперсий, и их количество увеличивается по мере повышения температуры среды. Микроорганизмы находятся в торфе и сапрпеле в иммобилизованном состоянии, и их количество определяется динамическим равновесием под влиянием окружающей среды. В процессе диспергирования в водной фазе накапливается питательная среда, и они начинают размножаться до определенной численности в зависимости от ресурсов питательных веществ. Концентрация твердой фазы продиспергированной дисперсий торфа и сапрпеля колеблется в пределах 3...10 % к общей массе раствора. Следовательно, на начальной стадии приготовления буровых растворов в 1 мл будет содержаться примерно сотая часть микробных клеток, которые находились в исходном сырье. Согласно микробиологическому анализу в 1 мл буровых растворов из торфа и сапрпеля содержатся сотни тысяч и миллионы микробных клеток.

При использовании дисперсий сапрпелей и торфа в бурении в качестве промывочных жидкостей имеет место повышение температуры по мере углубления скважин, что сопровождается увеличением содержания полисахаридов с пятью и шестью атомами углерода в основном звене (пентоза и гексозан) и наибольшим количеством урановых кислот, легко

усваиваемых микроорганизмами. Ситуация начинает изменяться при обработке буровых растворов из торфа и сапропеля щелочными реагентами, что приводит к появлению в растворе гуматов. Наличие полисахаридов и гуматов создает предпосылки для повышения жизнедеятельности микроорганизмов, адсорбированных на поверхности частиц твердой фазы, сопровождающейся их взаимодействием с гуматами.

Буровые растворы из торфа и сапропеля, подвергнутые щелочной обработке, при выдержке в нагретом состоянии незначительно изменяли свои технологические и реологические свойства. При введении в щелочные растворы торфа и сапропеля полимерных реагентов (крахмал, КМЦ, метас) в количестве 0,2...0,5 % на первой стадии отмечалось улучшение свойств буровых растворов (снижалась водоотдача, повышалась вязкость). В процессе выдержки в течение двух недель в нагретом состоянии, свойства торфяных и сапропелевых растворов начинали ухудшаться (снижалась вязкость и росла водоотдача). Это свидетельствует о частичной деградации полимерных реагентов под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов.

На основании изложенного можно сделать вывод, что глинистые, сапропелевые и торфяные растворы при условиях, благоприятных для развития микроорганизмов, вызывают деструкцию полимерных реагентов, применяемых при обработке буровых растворов, что сопровождается ухудшением их технологических и реологических свойств. Поэтому для восстановления этих свойств необходимо введение дополнительных порций полимерных реагентов, что, в конечном счете, отражается на стоимости.

Нами был изучен количественный и качественный состав водных растворов реагентов, используемых для обработки буровых растворов. Это позволило выявить, что они поражаются различными морфологическими группами бактерий.

По данным табл. 2, наиболее благоприятными для роста и развития микроорганизмов явились водные растворы УЩР, карбо-сульфатно-спиртовая барда (КССБ), сульфатно-спиртовая барда (ССБ), метас. Важно было определить основные группы микроорганизмов, находящихся в химических реагентах и их процентное отношение к общему числу (табл. 3).

По данным табл. 3 среди культур, выделенных из ССБ, преобладали аспорогенные грамположительные палочки (72,7 %), аспорогенные грамотрицательные – из УЩР (46,9 %), аспорогенные грамположительные палочки – из серла-соли (48,6 %).

Таблица 2

Количество микроорганизмов водных растворов реагентов

Тип реагента	рН 10 % водного раствора реагента		Количество микробных клеток	
	исходное	после 2-х недель инкубации	исходное	после 2-х недель инкубации
КМЦ	9,00	8,63	$2,3 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^8$
КМЦФ	6,00	6,50	$4,8 \cdot 10^7$	$2,9 \cdot 10^8$
ССБ	4,31	4,18	$1,1 \cdot 10^7$	$2,9 \cdot 10^8$
КССБ	5,07	5,40	$1,5 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^8$
УЩР	9,28	9,10	$1,3 \cdot 10^8$	$3,3 \cdot 10^9$
ФХЛС	3,37	3,41	$5,7 \cdot 10^8$	$8,7 \cdot 10^9$
Метас	4,14	3,87	$3,6 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^9$
Серла-соль	3,35	4,70	$1,0 \cdot 10^8$	$7,2 \cdot 10^9$

Таблица 3

Процентное содержание морфологических групп микроорганизмов

Источник выделения культур	Группа микроорганизмов			
	палочки			кокки грамположительные
	спороносные грамположительные	аспорогенные грамположительные	аспорогенные грамотрицательные	
КМЦ	37,5	37,5	12,5	12,5
КМЦФ	32,8	33,8	16,7	16,7
ССБ	1,1	72,7	-	26,2
КССБ	72,8	11,5	7,5	8,2
ФХЛС	16,7	16,7	16,7	49,9
УЩР	12,5	21,8	46,9	18,8
Метас	-	83,3	4,2	12,5
Серла-соль	48,6	21,2	12,0	18,2

Следует отметить, что видовое содержание микроорганизмов, как в реагентах, так и в буровых растворах, стабилизированных этими реагентами, не является постоянным и все время видоизменяется в зависимости от источника питания и условий эксплуатации. В буровых растворах за счет размножения на различных органических субстратах, присутствующих

щих в растворах кроме реагентов, создается собственная микрофлора, что способствует формированию определенных взаимоотношений между отдельными группами микробов.

Анализ доминирующих видов микроорганизмов и взаимоотношений между ними, а также выяснение причин их сосуществования представлял важную задачу для решения вопросов о закономерностях регулирования микробной деструкции химических компонентов буровых растворов. О сложности процессов трансформации микроорганизмов в сложных питательных средах говорит тот факт, что из реагентов для бурения и буровых растворов был выделен большой видовой состав целлюлитических бактерий, активность которых определяли по изменению кинематической вязкости и по скорости образования редуцирующих сахаров в среде с КМЦ как единственным источником углерода.

В большинстве случаев гетеротрофные бактерии буровых растворов на 50 % представлены целлюлозоразлагающей микрофлорой. Иногда происходит отбор наиболее активных вариантов микроорганизмов и целлюлозоразлагающие бактерии вытесняют остальную флору, составляя до 90 % общего количества гетеротрофов, находящихся в буровом растворе. Наличие в буровом растворе исследуемого нами месторождения большого количества активных целлюлолитических микроорганизмов приводит к ухудшению реологических и технологических параметров раствора и требует срочного применения средств защиты от микробного разрушения, а активные формы целлюлозоразрушающих микроорганизмов могут привести к деградации КМЦ в составе буровых растворов за несколько часов или суток. Таким образом, выявленные микроорганизмы в конечном итоге могут привести к загрязнению окружающей среды путем разрушения буровых скважин.

Анализ показал, что как буровые растворы, так и растворы реагентов в значительной степени обсеменены целлюлозоразлагающими бактериями, а в процессе бурения на КМЦ происходит адаптация бактерий к субстрату, т.е. идет селекция бактериальных культур, активно ферментирующих целлюлозу, которая составляет конкуренцию другим видам бактерий. Целлюлолитические ферменты расщепляют целлюлозу до глюкозы. Хотя значительная часть целлюлозы в природе разлагается не только грибами, но и бактериями, очень мало известно об образовании целлюлолитических ферментов бактериями. В отличие от целлюлозы КМЦ легче расщепляется целлюлолитическими ферментами микроорганизмов. Дальнейший анализ показал, что способность

культур, выделенных из растворов реагентов и буровых растворов могут расти на минимальных средах с добавлением одного из реагентов. В качестве примера в табл. 4 приведены сведения о влиянии микроорганизмов, выделенного из реагента. Бактерии могли использовать КМЦ и ССБ в качестве единственного источника углерода и энергии. Аналогичной активностью обладают и другие целлюлозоразлагающие бактерии. Контрольный образец 1 % КМЦ имел вязкость 18 сантистокс (сСт).

Таблица 4

Использование микроорганизмами реагентов для бурения

Источник выделения микроорганизмов	Количество микробных клеток в 1 мл среды		Вязкость среды с КМЦ после 4-х суток инкубации, сСт
	1 % КМЦ	1 % ССБ	
УЩР	$7,00 \cdot 10^7$	$3,25 \cdot 10^8$	8,42
ССБ	$1,50 \cdot 10^7$	$1,20 \cdot 10^8$	8,29
КМЦ	$5,30 \cdot 10^7$	$2,90 \cdot 10^8$	5,60
ФХЛС	$5,60 \cdot 10^8$	$1,47 \cdot 10^9$	5,53
Метас	$1,50 \cdot 10^8$	$2,40 \cdot 10^9$	8,43

Наряду с целлюлозоразлагающими бактериями в полимерных реагентах буровых растворов присутствуют сульфатредуцирующие, нефтеокисляющие и другие бактерии. Накопление сероводородов дало возможность установить, что промывочные жидкости для активных сульфатредуцирующих бактерий, выделенных из различных буровых растворов, являются благоприятной средой и для своего роста они используют продукты метаболизма нефтеокисляющих микроорганизмов.

Выяснена способность сульфатвосстанавливающих бактерий поражать основные реагенты буровых растворов при использовании их в качестве источника углерода. Для этого в среду Таусона вместо лактата кальция в качестве источника углерода и энергии вводили реагенты, используемые для обработки буровых растворов: лигносил, КССБ, ФХЧС, очищенную КМЦ и КМЦ-600. После 3-кратного пересева 5...7 суточных культур на среду Таусона с соответствующим субстратом определяли количество сероводорода (табл. 5). Полученные результаты показали, что штаммы сульфатредуцирующих бактерий способны использовать некоторые реагенты, входящие в состав буровых растворов. Активнее всего из рассмотренных реагентов сульфатредуцирующих бактерий используют КССБ, при росте на которой штаммы накапливают в среде 170 мг/дм^3 сероводорода, в меньшей степени КМЦ и лигносил. Накопление сероводорода в буровом растворе не только загрязняет окружающую среду, но и вызывает коррозию буровых труб и инструмента.

Таблица 5

Количество сероводорода (мг/дм³), образующегося на средах с реагентами

Номер штамма	КМЦ очищенная	КМЦ-600	КССБ	Лигносил
1	51	34	34	51
2	17	34	51	51
3	51	51	85	68
4	34	68	51	51
5	51	68	34	51
6	34	34	34	51
7	34	34	34	68
8	51	34	119	51
9	51	17	119	51
10	68	51	38	51

В буровые растворы для улучшения структурно-реологических и технологических свойств вводят также хлористые натрия или калий. Результаты определения количества сероводорода, образующегося на среде Таусона с хлористыми солями натрия и калия различными штаммами сульфатредуцирующих бактерий, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Влияние NaCl и KCl на накопление сероводорода

Номер штамма	Контроль, мг/дм ³	Накопление сероводорода, мг/дм ³				
		Концентрация NaCl, %				Концентрация KCl, %
		0,2	0,5	1,0	1,5	
1	306	289	306	289	306	289
2	328	323	267	340	306	289
3	328	306	323	340	306	306
4	257	323	340	374	323	306
5	323	289	323	357	323	272
6	323	323	357	374	323	323
7	306	289	306	357	306	289
8	289	289	306	306	306	306
9	289	289	323	340	306	289
10	306	323	306	340	306	323

Изучение взаимоотношений, возникающих в сообществе сульфатвосстанавливающих и нефтеокисляющих бактерий, необходимо для разработки средств борьбы с деструкцией буровых растворов и коррозией металлического оборудования. Динамика изменения численности нефтеокисляющих и сульфатредуцирующих бактерий в процессе хранения бурового раствора представлена в табл. 7.

Таблица 7

Изменение количества микроорганизмов (кл/г) при хранении раствора

Номер бурового раствора	Сульфатредуцирующая бактерия		Нефтеокисляющая бактерия	
	исходное	через две недели	исходное	через две недели
1	10^6	10^8	10^8	10^9
2	10^7	10^9	10^7	10^8
17	10^7	10^9	10^8	10^9
18	10^6	10^8	10^8	10^9
19	10^6	10^8	10^7	10^9
22	10^7	10^8	10^8	10^9

Количество микроорганизмов в буровых растворах достаточно велико: сульфатредуцирующих $10^7 \dots 10^8$ клеток и нефтеокисляющих бактерий $10^8 \dots 10^9$ клеток на 1 г бурового раствора. В процессе хранения буровых растворов в большинстве случаев отмечается рост численности нефтеокисляющих бактерий, утилизирующих нефть на 1...2 порядка, а количество сульфатредуцирующих бактерий изменяется незначительно. Поэтому нефть, добавляемая в буровые растворы в виде смазочного материала, может утилизироваться в течение трех дней. Значительное количество нефтеокисляющих бактерий не только способствует деградации нефти, но и обуславливает рост сульфатовосстанавливающих бактерий, а в присутствии активно продуцирующих сероводород бактерий приводит к ухудшению свойств бурового раствора и загрязнению среды [2].

Таким образом, обобщая вышеизложенное можно сделать вывод о том, что размножение микроорганизмов в буровом растворе, микробная деструкция реагентов буровых растворов, ухудшение качества технологических сред в результате накопления в них внеклеточных ферментов и продуктов жизнедеятельности микробных клеток, образование газообразных продуктов, ускоряет коррозию металлического оборудования и буровых труб, способствуют загрязнению окружающей среды и повышению стоимости буровых растворов. Поэтому необходим поиск новых технологий и эколого-экономических природоохранных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ажиева Г.И., Айдосов Г.А., Заурбеков Н.С. Исследование степени влияния буровых скважин на водные ресурсы региона месторождения. // Вода: технология и экология. СПб, 2008

2. Ажиева Г.И., Заурбеков Н.С., Сатаев Л.О. Оценка воздействий буровых операций на загрязнение атмосферного воздуха. // Вестник НАН РК. –2008. – № 2.
3. Айдосов А.А., Айдосов Г.А., Ажиева Г.И. Биологические проблемы бурения и мониторинг природной среды.: Труды девятой межд. научно-технич. конф. «Новое в безопасности жизнедеятельности» (Охрана труда, экология, валеология, Защита человека в ЧС, Токсикология, Экономические, правовые и психологические аспекты БЖД, Логистика). Ч. 1. – Алматы.: 2007. – С. 205-212.
4. Айдосов А.А., Айдосов Г.А., Ажиева Г.И. Исследование влияния микроорганизмов, вызывающих биологические повреждения материалов в бурении и ухудшающие состояние природной среды.: Труды девятой межд. науч.-техн. конф. «Новое в безопасности жизнедеятельности» (Охрана труда, экология, валеология, Защита человека в ЧС, Токсикология, Экономические, правовые и психологические аспекты БЖД, Логистика). Ч. 1. – Алматы.: 2007. – С. 212-218.
5. Айдосов А.А., Конкасов Б. Экологические катастрофы, вызванные деятельностью человека. // Материалы Межд. научно-практической конференции, посвященной 25-летию КазГАСА «Региональные проблемы безопасности жизнедеятельности», 2005.
6. Айдосов А.А. Современные экологические проблемы нефтедобывающей промышленности Республики Казахстан при аварийных ситуациях. // Материалы Межд. научно-практической конференции, посвященной 25-летию КазГАСА «Региональные проблемы безопасности жизнедеятельности», 2005.
7. Айдосов А.А., Заурбеков Н.С. Комплексная оценка влияния нефтяных и нефтегазовых предприятий на состояние окружающей среды Западного Казахстана с учетом ее циркуляционных процессов и прогноза изменения экологической обстановки окружающей среды региона, а также методы оценки экологического риска загрязненных территорий. // Материалы международной научно-практической конференции «Инженерная наука на рубеже XXI века», Алматы, 2001. – С. 177-181.
8. Андреева Н.Н. Выбор проектного решения как основа экологической безопасности. // Нефтяное хозяйство. – 2000. – №5 – С. 24-36
9. Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин. – М.: Недра, 1978. – 471с.

10. Комплексное исследование и оценка экологической обстановки Кара-шаганского нефтегазоконденсатного месторождения и разработка программы социально-экономического развития региона. ГРНТИ87.26.25, № гос. рег. 0198РК00026, инв. № 0298РК00097 (Научный рук. А. Айдосов), Алматы, 1998.
11. Патин С.А. Решение экологических проблем при освоении морских нефтегазовых месторождений: Анализ национального и международного опыта. // Нефтегазовые технологии. – 2000. – № 2 – С. 21 – 31.

Казахская головная архитектурно-строительная академия, г. Алматы

**ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙДЫ ЖАҚСARTУ ҰШІН ҰҢҒЫЛАУ
ЕРІТІНДІЛЕР МЕН ЕРІТКІШТЕРІНІҢ МИКРОФЛОРАСЫН
ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ**

Техн. ғылымд. докторы А.А. Айдосов
 Г.И. Ажиева

Ұңғылау кезінде әр-түрлі қиындықтарға әкелетін ұңғылау ерітінділерде микроорганизмдердің көбеюі қарастырылады. Олар біріншіден реагенттердің микробтармен жоюлуына байланысты, шығынымен, екіншіден микробтық жасушалар тіршілік өнімдеріне және жасушадан сырт ферменттердің жиналу нәтижесінде технологиялық орталар сапасының төмендеуіне байланысты. Осыған байланысты тек қана технологиялық, технико-экономикалық емес, сонымен қатар экологиялық маңызы бар, ұңғылау ерітінділерді және реагенттерді микробтық деструкциялардан қорғау жолдары зерттелген.

УДК 614.777:628:315

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОЧИСТКИ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ВОДЫ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ Г. АСТАНЫ

Канд. техн. наук Ж.М. Жаппарова

М.Б. Оралбаева

В статье показана технологическая схема очистки фильтрационной воды на примере полигона захоронения твердых бытовых отходов (ТБО) г. Астаны. Проведена оценка эффективности очистки фильтрата от загрязняющих веществ, а также указаны меры безопасной работы.

Фильтрационные воды полигонов захоронения ТБО являются высоко агрессивными средами, и очистка этих вод является актуальной проблемой.

Для решения вопроса очистки фильтрационных вод полигона захоронения ТБО г. Астаны предусмотрена многостадийная система, начинающаяся с резервуара для сбора воды. Это помогает достичь правильного функционирования системы очистки, так как гомогенизация фильтрационной воды позволяет получить однородный, непрерывный поток, идущий на переработку. Второй ступенью является просеивание, после которого проводится регулировка рН воды. Далее фильтрационные воды проходят процесс коагуляции. При коагуляции применяется хлорид железа (III). Количество дозируемого вещества контролируется в лаборатории. Для декантации применяется метод флокуляции с применением 0,5 % полиэлектrolита. Вода, прошедшая процесс физико-химической переработки содержит достаточное количество органической материи, что вызывает необходимость ее биологической очистки, прежде чем попасть в зону выброса. Зависимость объема жидкости, поступающей на переработку, от сезона, аннулирует эту необходимость. Была предусмотрена подача переработанной жидкости во второй резервуар, где она смешивается с дождевой (относительно чистой) водой. На рисунке представлена схема очистки.

Гомогенизированная относительно чистая вода также проходит стадии очистки, первой из которых является фильтрация. В дальнейшем вода проходит стадию хлорирования для избежания проблем биологического заражения. С помощью хлорирования решается проблема проникновения микроорганизмов в атмосферный воздух, а также благодаря допол-

нительной системе противотока микроорганизмы не заселяют песочную подушку фильтра. Все эти мероприятия позволяют получить воду с концентрациями загрязняющих веществ, отвечающих нормативным требованиям и она может быть применена для мойки колес автотранспорта, работающего на территории полигона и доставляющего отходы. Кроме того, вода используется для орошения тела полигона, для уменьшения пылевыведения и противопожарных мероприятий.



Рис. Технологическая схема очистки фильтрационной воды.

В условиях аккредитованной лаборатории ТОО «Казэкоанализ» был проведен анализ воды до и после очистки, который показал, что эффективность очистки достаточно высокая. Данные по степени очистки приведены в таблице.

Фильтрационные воды полигонов захоронения ТБО представляют собой высокоагрессивную жидкость, имеющую большую сезонную неоднородность как по химическому составу, так и по объему жидкости. Характеристика фильтрационной воды напрямую связана с сезоном года и климатическими условиями, а также с морфологическим составом полигона,

условиями складирования твердых бытовых отходов и т.д. Соблюдение мер безопасности в этой связи имеет актуальное значение, причем не только при контакте с фильтратом, но и при работе с химическими реагентами, применяемыми для очистки фильтрационных вод и используемым оборудованием. В целях решения этих проблем на полигоне захоронения ТБО г. Астаны предпринят комплекс мероприятий по безопасной работе.

Таблица

Степень очистки воды полигона ТБО г. Астаны, %

Показатель	Степень очистки
Цветность, градус Pt/Co	36,8
Fe _{общ.}	99,8
Ca	87,6
Mg	91,2
NH ₄	79,9
HCO ₃	57,5
SO ₄	99,6
Cl	90,5
NO ₃	96,0
NO ₂	94,7
F	81,5
PO ₄	99,3
Нефтепродукты	71,3
СПАВ	95,0
Фенолы	98,9
Na	92,3
K	94,5
Cu	89,2
Zn	99,9
Pb	86,8
ХПК	74,0
БПК ₅	74,1
Взвешенные вещества	97,4
Минерализация	92,7
Сухой остаток	92,1
Жесткость общая, мг-экв/дм ³	89,3

Это следующие мероприятия:

- Контроль объема воды.

На случай возникновения большого потока в сезон таяния снега был предусмотрен процесс накачивания воды при помощи рециркуляционных насосов, который позволяет вернуть часть фильтрационной воды,

собранной в резервуаре, в ячейку и/или емкость с получистой водой, обеспечивая, таким образом, инструмент для контроля объема воды.

- Контроль наружной температуры.

Когда температура здания переработки воды опускается ниже минус 25 °С, подача жидкости из резервуара фильтрационной воды на ее физико-химическую переработку останавливается, чтобы избежать проблем с неправильным функционированием установки, замерзанием реактивов и т.д. Контроль за температурой воздуха осуществляется при помощи специального оборудования.

- Система обнаружения газов.

Длительное время процесса гидравлического удерживания, формирующегося в резервуаре с фильтрационной водой, может привести к анаэробному загниванию с образованием метана и сероводорода. Опасность этих газов предполагает применение детекторов контроля и оповещения. В здании установлены два детектора сероводорода, один метана и еще один, контролирующий концентрацию кислорода.

- Контроль эксплуатационных операций.

Контроль за оборудованием заключается в эксплуатации и уходе согласно технической документации дозирующих насосов, насосов сточных вод, смесителей и т.д., проверке /калибровке измерителя рН, регулировке и дозировке реактивов в зависимости от качества воды по результатам лабораторных анализов.

- Контроль за хранением и использованием реактивов для обработки фильтрационных вод.

Гидроксид натрия, применяемый для регулировки рН хранится отдельно от кислот, металлов, горючих материалов в хорошо закрытом и сухом помещении, так как контакт с влагой или водой, может вызвать температуру, достаточную для возгорания горючих веществ.

Хлорид железа (III), применяемый в качестве коагулянта хранится отдельно от оснований в сухом, закрытом помещении, исключающем случайное возникновение пожара, так как при пожаре хлорид железа выделяет токсичные или вызывающие раздражение пары (газы). Помещение для хранения имеет бетонный пол, устойчивый к коррозии.

При работе с реагентами, а также при заборе проб воды на анализ предусмотрено применение средств индивидуальной защиты.

- Контроль работы фильтра для очистки воды.

Оборудование фильтрации оснащено программирующим устройством с прессостатом-дифференциалом, который определяет падение давления напряжения. Когда потеря напряжения в фильтре составляет 0,5 бар, должен сработать противоток фильтра. Когда давление достигает 0,5 бар, прессостат приводит в действие 3-х ходовые клапаны, установленные в коллекторах на входе и выходе фильтра. Эти клапаны, в обычных условиях находящиеся в открытом состоянии, закрываются, выпускают воду коллектора противотока и происходит очистка фильтра. Для осуществления противотока, после обнаружения падения напряжения, приводится в действие насос противотока. Длительность противотока контролируется с помощью таймера на контрольном щите.

Мероприятия, связанные с безопасной работой при очистке фильтрационных вод полигонов ТБО имеют важное значение, поскольку позволяют избежать непредсказуемых последствий. Соблюдение этих мер обеспечивает не только бесперебойную работу системы очистки, но самое главное рассчитано на сохранение здоровья работающих и охрану окружающей природной среды. Технологическая схема очистки фильтрата на полигоне захоронения ТБО г. Астаны позволяет значительно сократить возможное негативное влияние фильтрационных вод полигона ТБО.

Казахский национальный технический университет им. Сагпаева, г. Алматы

**АСТАНА ҚАЛАСЫНЫҢ ҚАТТЫ ТҰРМЫС ҚАЛДЫҚТАР
ПОЛИГОНЫНЫҢ СҮЗІНДІ СУЫНЫҢ ТАЗАЛАУ
ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ТӘСІЛІ**

Техн. ғылымд. канд. Ж.М. Жаппарова
М.Б. Оралбаева

Бұл мақалада Астана қаласының қатты тұрмыс қалдықтар полигонының сүзінді суының тазалау технологиясының жетілдіруі көрсетілген. Қолданған тәсілдердің тиімды екені белгіленген, және сақтану шаралары анықталған.

УДК 551.510.42

**О СОСТОЯНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН В 1 КВАРТАЛЕ 2008 ГОДА**

П.К. Шингисова

Т.Г. Царева

Информация о состоянии окружающей среды подготовлена по результатам работ, проведенных на наблюдательной сети национальной гидрометеорологической службы Республики Казахстан.

Состояние воздушного бассейна

Наблюдения за состоянием 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. Основными критериями качества являются значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе населенных мест [1, 5]. 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 [4].

В 1 квартале 2008 г. наблюдения за состоянием атмосферного воздуха проводились на 50 стационарных постах наблюдений (ПНЗ) в 21 населенном пункте республики: городах Актау, Актобе, Алматы, Астана, Атырау, Балхаш, Жезказган, Караганда, Костанай, Кызылорда, Риддер, Павлодар, Петропавловск, Семей, Тараз, Темиртау, Уральск, Усть-Каменогорск, Шымкент, Экибастуз и пос. Глубокое.

По данным наблюдений наибольший уровень загрязнения воздуха наблюдается в г. Алматы (ИЗА₅ = 16,1). К загрязненным городам (ИЗА₅ ≥ 5) отнесено 11 городов, в том числе с высоким уровнем загрязнения воздуха (ИЗА₅ ≥ 7) – 9 городов.

В 13 городах отмечены средние концентрации диоксида азота в пределах 1,3...3,2 ПДК (наибольшая в г. Алматы), в 7 городах взвешенных веществ (пыли) – в пределах 1,1...2,8 ПДК (наибольшая в г. Алматы) и формальдегида в пределах 1,3...4,3 ПДК (наибольшая в г. Алматы), в 5 городах диоксида серы в пределах 1,4...1,8 ПДК (наибольшая в г. Риддере) и фенола в

пределах 1,3...3,0 ПДК (наибольшая в г. Темиртау). Содержание аммиака в г. Темиртау составило 2 ПДК, в г. Шымкенте – 1,1 ПДК.

Разовые концентрации диоксида азота выше ПДК наблюдались в 17 городах, взвешенных веществ – в 11 городах, оксида углерода – в 10 городах, фенола – в 6 городах, диоксида серы – в 5 городах, фтористого водорода – в 3 городах, формальдегида и сероводорода – в 2 городах (табл. 1).

В 1 квартале зарегистрировано 13 случаев высокого загрязнения атмосферного воздуха: в г. Астане (12 случаев ВЗ) разовые концентрации диоксида азота превышали допустимую норму в 11,1...19,8 раза, в г. Балхаше (1 случай ВЗ) – диоксида серы в 22,5 раза.

Таблица 1

Сведения о степени загрязнения атмосферного воздуха городов в целом по Республике Казахстан в 2007 году

Примесь	Число городов	Кратность превышения ПДК средней концентраций		Число городов, где концентрации превышали ПДК	
		из средних	из максимальных	средние	максимальные
Взвешенные вещества	21	0,9	1,6	7	11
Диоксид серы	21	0,6	1,6	5	5
Оксид углерода	20	0,5	1,3	1	10
Диоксид азота	21	1,3	2,9	13	17
Оксид азота	4	0,4	0,2	0	0
Аммиак	5	0,8	0,9	1	2
Сероводород	6	-	1,0	0	2
Фтористый водород	3	0,5	2,7	0	3
Серная кислота	2	0,3	0,1	0	0
Фенол	10	1,3	2,1	5	6
Формальдегид	8	2,5	0,8	7	2
Хлор	2	0,1	0,3	0	0
Хлористый водород	2	0,3	0,4	0	0
Мышьяк	3	0,2			

В 1 квартале 2008 года в сравнении с 1 кварталом 2007 года в городах Атырау, Костанай, Павлодар, Петропавловск, Риддер, Тараз, Темиртау, Усть-Каменогорске, Уральск и Экибастуз уровень загрязнения атмосферного воздуха значительно не изменился, в г. Алматы, г. Астане, г. Жезказгане, г. Караганде, г. Шымкенте и пос. Глубокое – возрос, в г. Актау, г. Актобе, г. Балхаше и г. Семей – снизился (табл. 2).

Таблица 2

Приоритетный список городов по уровню загрязнения
атмосферного воздуха

Населенные пункты	ИЗА ₅		Отрасли промышленности
	1 кв. 2007 г.	1 кв. 2008 г.	
Алматы	13,2	16,1	автотранспорт, энергетика
Шымкент	8,2	10,9	цветная металлургия, химическая, нефтеперерабатывающая
Темиртау	8,8	9,0	черная металлургия, химическая
Усть-Каменогорск	8,6	8,3	цветная металлургия, энергетика
Астана	3,1	7,9	энергетика, автотранспорт
Риддер	7,5	7,8	цветная металлургия, энергетика
Караганда	6,8	7,7	энергетика, угледобывающая автотранспорт
Тараз	7,0	7,4	химическая
Актобе	8,9	7,1	черная металлургия, химическая
Жезказган	4,5	5,8	цветная металлургия, энергетика
пос. Глубокое	3,8	5,1	цветная металлургия
Петропавловск	4,7	4,5	энергетика, приборостроение
Семей	5,5	4,4	энергетика, строительных материалов
Кызылорда		3,7	энергетика
Актау	4,3	3,5	химическая
Костанай	2,9	3,0	энергетика
Балхаш	4,0	2,7	цветная металлургия, энергетика
Павлодар	2,1	1,6	нефтеперерабатывающая, энергетика
Уральск	0,8	1,5	энергетика
Экибастуз	1,3	1,3	энергетика, угледобывающая
Атырау	1,6	1,2	нефтеперерабатывающая
Средний ИЗА	5,40	5,74	

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 водопользования [3].

Уровень загрязнения поверхностных вод суши оценивается по величине комплексного индекса загрязненности воды (ИЗВ), который используется для сравнения и выявления динамики изменения качества вод [2].

Данные мониторинга загрязнения поверхностных вод приведены по бассейнам рек: Ертис (Восточно-Казахстанская и Павлодарская области),

Урал и Эмба (Западно-Казахстанская и Атырауская области), Есиль (Акмолинская и Северо-Казахстанская области), Нура (Акмолинская и Карагандинская области), Тобол (Костанайская область), Талас, Шу (Жамбылская область), Сырдарья (Южно-Казахстанская и Кызылординская области), Иле (Алматинская область).

В 1 квартале 2008 года из общего количества обследованных водных объектов к «чистым» отнесено 12 рек, 5 водохранилищ и 4 озера. Наиболее представлен класс «умеренно-загрязненных» водных объектов – 31 река, 5 водохранилищ, 3 канала и 1 озеро. Классу «загрязненных» водных объектов принадлежит 3 реки, 1 озеро. К «грязным» водным объектам относятся 3 реки Шерубайнура (Карагандинская), Илек (Актюбинская) и Глубочанка (ВКО) и 1 вдхр. Кенгирское (Карагандинская). К классу «очень грязных» водных объектов отнесены 3 реки – Кара-Кенгир (Карагандинская), Брекса и Ульби (ВКО), к классу «чрезвычайно-грязных» водных объектов р. Красноярка (ВКО) (табл. 3).

В перечне основных загрязняющих веществ, превышающих значения ПДК, присутствуют 16 ингредиентов, из которых наиболее распространёнными являются – медь, азот нитритный, сульфаты, нефтепродукты, железо общее и фенолы (табл. 4).

В 1 квартале 2008 г. на территории Казахстана экстремально высокое загрязнение (ЭВЗ) наблюдалось на р. Красноярка (2 случая), высокое загрязнение (ВЗ) было отмечено в 40 случаях на 10 водных объектах: р. Келес (ЮКО); оз. Бийликоль (Жамбылская); реки Шерубайнура, Кара-Кенгир (Карагандинская); р. Илек (Актюбинская); реки Ертис, Брекса, Красноярка, Глубочанка и Ульби (ВКО).

В 1 квартале 2008 года в сравнении с 1 кварталом 2007 года отмечаются следующие изменения качества поверхностных вод:

Бассейн р. Ертис. Качество воды в реках Буктырма, Брекса и Ульби ухудшилось, в реках Тихая, Глубочанка – улучшилось. В реках Ертис (ВКО и Павлодарская), Красноярка, Оба, водохранилищах Усть-Каменогорское и Буктырма состояние качества воды существенно не изменилось;

Бассейн рек Урал и Эмба. В реках Большой Узень и Деркул качество воды ухудшилось, в р. Илек (Актюбинская) – улучшилось. Уровень загрязнённости рек Урал (ЗКО) и Чаган, кан. Кушум существенно не изменился;

Бассейн р.Тобол. Загрязнённость рек Тобол и Аят осталось на прежнем уровне;

Таблица 3

Состояние загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям за 1 квартал 2008 года

Класс и характеристика воды по величине комплексного индекса загрязненности воды (ИЗВ)					
II класс, ИЗВ 0,31...1,0	III класс, ИЗВ 1,01...2,5	IV класс, ИЗВ 2,51...4,0	V класс, ИЗВ 4,01...6,0	VI класс, ИЗВ 6,01...10	VII класс, ИЗВ > 10
рр. Урал, Кигач, Шаро- новка, Ертис (Павло- дарская), Оба, Беркара, Беттыбулак, Чаган, Бугунь, Шарын, Ши- лик, Катта-Бугунь, вдхр Вячеславское, вдхр. Усть-Каменогорское, вдхр. Буктырма, вдхр. Бартогай, вдхр. Сергеевское, оз. Шалкар, оз. Бурабай, оз. Улькен Шабакты, оз. Шортан	рр. Ертис (ВКО), Деркул, Буктырма, Большой Узень, Чижа-1, Жабай, Есиль, Ак- Булак, Сары-Булак, Нура (Акмолинская), Тобол, Аят, Тогузак, Иле, Иссык, Коргас, Текес, Каркара, Баянкол, Каскелен, Турген, Киши Ал- маты, Есентай, Улькен Ал- маты, Талас, Шу, Асса, Ка- рабалта, Аксу, Сырдарья, Ба- дам, вдхр. Капшагай, вдхр. Куртинское, вдхр. Самаркандское, вдхр. Ташуткульское, вдхр. Шардаринское, оз. Копа, кан. Кушум кан. Ертис-Караганда, кан. Нура-Есиль	рр. Тихая, Нура (Карагандинская), Келес, оз. Бийликоль	рр. Глубочанка, Шерубайнура, р. Илек (Акто- бинская), вдхр. Кенгирское	рр. Брекса, Ульби, Ка- ра-Кенгир	р. Красноярка

Таблица 4

Перечень основных загрязняющих компонентов в поверхностных водах за 1 квартал 2008 года

Ингредиент	Пределы ПДК	Кол-во объектов	Название рек и водоемов
Сульфаты	1,15...8,3	20	реки Есиль, Тобол, Тогузак, Аят, Нура, Ак-Булак, Сары-Булак, Келес, Ба- дам, Сырдарья, Жабай, вдхр. Шардаринское, Вячеславское, Самарканд- ское, Кенгирское, озера Бийликоль, Улькен Шабакты, Копа, каналы Нура-

Ингредиент	Пределы ПДК	Кол-во объектов	Название рек и водоемов
			Есиль, Ертис-Караганда
Азот аммонийный	1,1...15,5	7	реки Тобол, Брекса, Тихая, Шерубайнура, Кара-Кенгир, Нура, Талас
Азот нитритный	1,1...7,5	18	реки Есиль, Буктырма, Тогызак, Урал, Иле, Тургень, Каркара, Чаган, Деркул, Чижа-1, Сары-Булак, Большой Узень, Сырдарья, Бадам, вдхр. Шардаринское, Ташуткульское, кан. Кушум, оз.Шалкар
Медь	1,2...32,0	45	реки Ертис, Буктырма, Брекса, Тихая, Ульби, Глубочанка, Красноярка, Оба, Тобол, Аят, Нура (Карагандинская), Кара-Кенгир, Шерубайнура, Киши Алматы, Есентай, Улькен Алматы, Талас, Шу, Асса, Аксу, Карабалта, Беркара, Иле, Шилик, Турген, Иссык, Каскелен, Бадам, Келес, Шарын, Текес, Коргас, Сырдарья, Каркара, Баянкол вдхр. Капшагай, Самаркандское, Шардаринское, Кенгирское, Бартогай, Буктырма, Усть-Каменогорское, Ташуткульское, оз. Бийликоль, кан. Ертис-Караганда
Цинк	1,5...77,3	6	реки Ертис, Брекса, Тихая, Ульби, Глубочанка, Красноярка
Хром (6+)	1,1...4,5	8	реки Иле, Иссык, Каскелен, Есентай, Киши Алматы, Улькен Алматы, вдхр. Бартогай, Куртинское
Фториды	1,2...1,3	2	р. Улькен Алматы, оз. Бийликоль
Фенолы	1,1...4,0	11	реки Талас, Шу, Аксу, Урал, Чаган, Деркул, Большой Узень, Чижа-1, Карабалта, оз. Шалкар, кан. Кушум
Железо общее	1,1...2,3	5	реки Есиль, Иле, Турген, Каркара, вдхр Сергеевское
Нефтепродукты	1,2...15,8	8	реки Кара-Кенгир, Нура, Шерубайнура, Шу, Асса. Вдхр. Кенгирское, каналы Ертис-Караганда, Нура-Есиль
Магний	1,9...2,1	2	реки Сырдарья, Келес
Никель	1,3	2	р. Есиль, вдхр Сергеевское
Марганец	2,5...4,7	6	реки Сырдарья, Брекса, Тихая, Ульби, Глубочанка, Красноярка
Кадмий	3,03...6,9	3	реки Ульби, Брекса, Красноярка
БПК- 5	6,1	1	оз. Бийликоль
Бор	17,65	1	р. Илек (Актюбинская)

Бассейн **р. Есиль**. Уровень загрязненности воды рек Есиль (СКО), Сары-Булак, Беттыбулак, Жабай, озер Бурабай, Шортан, Улькен Шабакты, вдхр Вячеславское существенно не изменился. Качество воды в реках Есиль (Акмолинская), Ак-Булак и оз. Копа ухудшилось, в вдхр. Сергеевское – улучшилось;

Бассейн **р. Нуры**. Качество воды в реках Нура (Акмолинская), Шерубайнура, кан. Нура-Есиль значительно не изменилось. Повысилась загрязненность воды рек Нура (Карагандинская), Кара-Кенгир и вдхр Кенгирское, снизилась – вдхр. Самаркандское;

Бассейн **р. Иле**. Состояние загрязненности воды в реках Иле, Есентай, Киши Алматы, Улькен Алматы, Турген, Текес, Коргас, Каркара и вдхр. Капшагай значительно не изменилось. В реках Шарын, Шилик, Иссык, Боянкол, Каскелен, водохранилищах Бартогай и Куртинское отмечено улучшение качества воды;

Бассейн **рек Талас и Шу**. Качество воды в реках Талас, Асса, Аксу, Шу и вдхр. Тасоткельское существенно не изменилось;

Бассейн **р. Сырдарья**. В состоянии загрязненности рек Сырдарья (Южно-Казахстанская и Кызылординская области), Бадам, Бугунь, Катта-Бугунь и вдхр. Шардаринское значительного изменения не произошло. Качество воды р. Келес ухудшилось.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. Госком по гидрометеорологии. – М., 1988. – 10 с.
3. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – Роскомрыболовство, 1993.
4. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Госком по гидрометеорологии. Минздрав. – М.: 1991. – С. 383-425.

5. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы: «Санитарно-эпидемиологические требования к атмосферному воздуху», 18.08.2004 г., №629, – 175 с.
6. СанПиН 3.02.003-04. Санитарно-эпидемиологические требования по охране поверхностных вод от загрязнения. – Алматы: Министерство здравоохранения РК, 2004.

Казгидромет, г. Алматы

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҚОРШАҒАН ОРТАСЫНЫҢ 2008
ЖЫЛДЫҢ БІРІНШІ ТОҚСАНЫНДАҒЫ ЛАСТАНУ ЖАҒДАЙЫ**

П.К. Шингисова

Т.Г. Царева

Қоршаған ортаның ластануы туралы ақпарат "Қазгидромет" РМК ұлттық гидрометеорологиялық қызметтің бақылау орындарында қоршаған ортаның экологиялық мониторингін жүргізу жөніндегі арнаулы бөлімшелерінің негізінде дайындалды.

**ОТЕБОЙДАК ТЛЕУКОБЫЛОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДРЕВНИХ КАЗАХОВ В ЕГО КНИГЕ
«ПОВЕСТЬ ВРАЧЕВАНИЯ»**

В 1996 г. в издательстве «Жалын», Алматы вышла в свет книга «Повесть врачевания» («Шипагерлік баян»), ставшая доступной читателю Казахстана, знающего тюркские языки, но воспитанного на русской культуре. Название книги может ввести в заблуждение молодого читателя. Это не чисто медицинское пособие, хотя в ней излагаются способы лечения, и приводится 1384 рецепта лечебных лекарств: 70 – из металлов и металлоидов, 859 – растительного происхождения. Значительная часть книги посвящена естествонаучным представлениям целителя: истории мироздания, строения и функционирования внешнего мира, описанию человека, его органов (внутренних и внешних). Здесь также говорится о связи человека с внешним миром, особое внимание уделяется биологическим ритмам функционирования органов человека и внешнего мира. Поэтому издатели и редакторы этой удивительной книги не преувеличивают, называя ее «галымнаме» – энциклопедией наук своего времени. Нам представляется, что и современный пытливый читатель, увлеченный достижениями научно-технического прогресса и оторванный от своих природных корней, найдет в рецензируемой книге много для себя нового и неожиданного.

Интересна судьба книги и невольно «хватаешь себя за воротник и дуешь под рубашку», когда видишь, что только благодаря стечению ряда благоприятных обстоятельств, оказалось возможным в буквальном смысле вытащить книгу из костра, который разожгли «хунвейбины» из «буржуазной» литературы. Автор книги Отебойдак Тлеукобылов (Өтебойдак Тлеукабылұлы) из тайпа Албан, жил примерно в 1398...1490 гг. и был целителем в 72-ом поколении (в конце книги приводится соответствующий список). Его отец, тоже потомственный целитель, готовил одного из сыновей нести этот «тяжелый крест» с момента его рождения, о чем свидетельствует имя, которое он дал сыну и которое означает: «откупленный холостяк». Среди старинных казахских имен часто встречаются приставки «өте-», которые представляют собой корень сказуемого «өтеу» – откупить, выкупить. Например: «Өтеген» (откупленный), «Өтемул» – (откупленный раб божий). По-видимому, отец совершил над сыном какой-то тайный обряд и откупил его у бога, освободив от

мужских обязанностей мусульманина завести семью и оставить после себя потомство. Тем не менее, автор книги не был кастратом, т.к. судя по его описаниям, ему не чужды были чувства любви и радости сближения с противоположным полом, к которому он имел более свободный доступ как целитель.

С первых дней, как только автор осознал себя (сменил короткую детскую рубаху-хитон на мужские штаны и сел на коня – это около 3-х...4-х лет) он стал заниматься врачеванием. Сначала он, по-видимому, помогал отцу, выучивал наизусть старинные рецепты и болезни, освоил грамоту, стал благоверным мусульманином, изучал языки науки того времени: арабский, персидский. Знал по первоисточникам труды Юсуфа Баласугунского – своего земляка и Абу Насыра аль-Фараби – второго Учителя раннего Средневековья.

Став самостоятельным целителем, Отебойдак не ограничился слепым продолжением дела отца. Он углубленно изучал болезни и старинные рецепты исцеления, на себе проверял их и составлял новые. В поисках знаний и способов лечения он обошел весь известный ему мир. В книге говорится не только о лекарствах, но излагаются способы массажа, крово- и водопускания (промывки), массаж окопунктур, внушения (заговоры), диагностика болезней по пульсу и другие способы лечения. Его можно было видеть: то на берегах Урала и Волги, то Сырдарьи и Шу, то Тобола и Ертыса. Без семьи (он так и не женился, не имел детей), вечный странник степей и гор получил прозвище бродяга Отебойдак (Қанғыбас Отебойдак). Однако со временем в результате упорных трудов и самопожертвования он стал непревзойденным целителем (караүзген шипагер), это целитель, который не прекращает работу, пока не добьется полного исцеления больного (по-видимому, умел определять безнадежно больных и за их лечение не брался).

Хотелось бы привести один пример, который описывает автор книги и который ярко иллюстрирует обстановку той эпохи... Это было поздней весной, в начале лета. Казахи переправляли скот и свое имущество на левый берег р. Шу с тем, чтобы перекочевать на летние пастбища в горах Таласского хребта. Один молодой мужчина ушел под воду, и его бездыханное тело смогли выловить только в нескольких километрах ниже переправы. Когда молодой целитель подошел к утопленнику он еще слабо дышал. Не долго думая, целитель раздел утопленника, положил его себе на колени и стал выгонять из него лишнюю воду. Однако невежественные родственники больного (особенно старались молодая жена и мать) возмутились поведению целителя, стали требовать оставить в покое утопленника, а на доводы целителя

отвечали настолько невежественно, что последнего разобрал хохот. Тогда возмущенные родственники стали избивать целителя; добродушный верзила (таким описывает автор себя) не переставал смеяться, чем еще сильнее разозлил окружающих. Его били до тех пор, пока он не потерял сознание....

Очнулся он на голой земле, но в юрте, которую наспех собрали над утопленником и избитым целителем. По-видимому, было жаркое солнце и трупы (как считали родственники утопленника) могли испортиться, пока не закончиться переправа и не будет время для похорон. Целитель, очнувшись, заметил, что утопленник еще дышит. Тогда он нашел брошенную веревку, привязал утопленника за ноги и повесил его к шаныраку (видимо обладал недюжинной силой). После небольшого сеанса массажа из горла утопленника пошла вода, которую целитель собрал в подвернувшийся под руку таз. Каждый раз, когда таз наполнялся, целитель выносил его из юрты, там, на свету внимательно изучал содержимое, опорожнял таз и снова ставил его под утопленником. Так было несколько раз. Сначала из горла утопленника шла чистая вода, потом вода с содержимым желудка. Лечение он закончил лишь тогда, когда из горла утопленника пошла желчь. Тогда он снял больного, положил на землю, высоко поднял грудь и голову, стал делать искусственное дыхание. Утопленник, молодой и здоровый мужчина, быстро пришел в себя и стал дышать самостоятельно. Тогда целитель вышел из юрты и окликнул возившихся недалеко, на теневой стороне юрты, молодуху и мать утопленника: «Суюнши! Суюнши! Ваш сын и муж ожил...». На крик сбежались все родственники, которые к тому времени закончили дела. Вместо похорон состоялся пышный и веселый той. Слава о целителе покатила по всей степи... Этот пример, более подробно описанный в книге, характеризует личность целителя, его недюжинные человеческие качества: полное самопожертвование и преданность своему делу. Ведь очнувшись в юрте, он не подумал о себе и своих ранах, от которых он потом долго лечился.... Он бросился к больному и лечил его самозабвенно, пока не «поставил на ноги»; при этом он не переставал исследовать характер выделений больного. Пример свидетельствует не только о большой физической силе, но и о незлобливом, веселом нраве целителя: смеялся даже во время нещадных побоев. Пример также показывает глубину невежества казахов той поры и их пренебрежительное отношение к целителю: ведь он был не муллой, хотя книга полна почтений и позывов к всевышнему и упоминанием сур из Корана; он не был баксы (шаманом) иначе его не тронули бы. Кстати, в книге приводится классификация народных целителей того времени, которые подразде-

лены на 23 ступени. Баксы в этом ряду занимают 16-е место, караүзген шипагер – третья ступень после несравненных и настоящих целителей. К первой ступени он относит Хакима Лукпана – легендарного целителя Древнего мира, а ко второй Авиценну (Абу Али Хусейн ибн Абдаллах ибн Сина). Как видим, автор книги знает себе цену.

Надо полагать, что в долгой и бродячей жизни целителя было достаточно примеров, подобных описанному выше. В зрелые годы он уже пользовался достаточным уважением. Его называли по-свойски Бойдеке, а в пожилые годы в Семиречье его называли «Шашты эзиз» («волосатый святой»). В те старинные времена длинные волосы имели право носить только святые люди, имеющие глубокие родословные корни. Рядовые мужчины Старшего жуза брили голову наголо; Среднего – оставляли хохолок на макушке, который потом заплетали в косу; Младшего – оставляли хохолок на лбу. Недалеко от современного Байкадама в 6-ти км южнее поселка Кумкент и настолько же западнее поселка Жданово находится мазар «Шашты эзиз». Не там ли лежат кости автора книги «Шипагерлік баян»?

Примерно в 1473 году в возрасте 75 лет целитель был приглашен в Акорду, во дворец казахского хана Джанибека. После личного знакомства и подробных расспросов хан определил ему самое почетное место справа от себя, выше придворных визирей. Целитель стал инициатором нескольких громких указов хана, которые помогли консолидации казахского народа, а хану принесли славу и дали прозвище «азь-Джанибек» (святой Джанибек). Поселившись в Акорде, и получив надлежащие условия для работы, Отебойдак Тлеукобылов приступил к написанию книги «Шипагерлік баян». При этом он использовал все собранные ранее записки, свой жизненный опыт и знания, а также, возможно книгу, которая раньше была в Кокорде, во дворце монгольского хана и называлась «Шипагерлік құлыптас» («Тайны врачевания»). От этой тайной книги сохранился только древний тайный счет цифр: 1 – ауыз (рот), или в зависимости от контекста мурын (нос), 2 – көз (глаза) или в зависимости от контекста кулак (уши), 3 – көз ауыз или көз мурын, 4 – көз кулак, 5 оң кол (правая рука) и т.д. Книга «Шипагерлік баян» написана простым казахским языком, бытовавшем в XV веке, который близок к современному уйгурскому или каракалпакскому языкам. По велению хана азь-Джанибека книга предназначалась для потомков и должна была храниться (по возможности тиражироваться) в государственной казне. Как пишет сам автор, книга «Шипагерлік баян» – это его детище. «Хотя я не оставил после себя своего семени – потомков, но народу своему оставляю

свое дитя – «Шипагерлік баян», чем и выполняю свой долг мужчины и мусульманина. Для тех, кто знает цену книги, она принесет неслыханные богатства, для невежды – это просто горючий материал» (Какая прозорливость!). Целитель торопился: не потому что было обещано богатое вознаграждение, а потому что возраст был преклонный, да и времена тревожные. Примерно за два года книга была закончена. Это еще раз подтверждает нашу гипотезу о том, что книга писалась не «с чистого листа». Были объёмистые заготовки, рецепты, наставления по лечению и книги предшествующих ученых: Юсупа Баласагунского, Абу Райхан аль-Беруни, Абу Али Ибн Сина, Абу Насыра аль-Фараби и других светил науки того времени.

Однако безжалостная судьба продолжала испытывать автора книги. Когда она уже была написана, и автор заканчивал посвящение заказчику, в загородную резиденцию, где он работал и жил, пришла тревожная весть: «Акорда разгромлена внезапным броском отрядов Тимура хромоногого; сам хан Джанибек убит в неравной схватке, казна в руках врагов...». Целителю ничего не оставалось, как присоединиться к толпе беженцев с котомкой, в которой лежала готовая книга. Снова начались мытарства, жизнь бродячего целителя, лечение за «хлеб насущный» и за гостеприимный кров. В последние годы жизни мы застаем автора книги на его родине, в Семиречье, в долине р. Талас. Ему уже около 90 лет, он живет в кругу близких родственников. Своего младшего брата Топая он определил наследником и хранителем книги. Даже в длинный список целителей, которые из рук в руки передавали старинные рецепты, он включил под 72 номером имя брата, а не себя. Умер целитель в возрасте 92 лет и похоронен, по-видимому, там, где мы указали выше.

Весьма драматична и интересна дальнейшая судьба тайной книги «Шипагерлік баян». По наследству, от отца к сыну она передавалась и хранилась в единственном экземпляре. Разумеется бумага, даже древний пергамент или китайский шелк, не могли выдержать 500-летней полукочевой жизни, полной смут, междоусобиц и войн. За это время книга переписывалась 7 раз, причем каждый раз оригинал сжигался: каждый лист, вернее свиток (тілкім – длинная полоса бумаги, которая по горизонтали складывалась в страницы – ашжаз, в переводе буквально означает – открой и разверни) сразу после переписи и тщательной сверстки бросали в огонь! Почему такая предосторожность?

Хорошо известны имена переписчиков. Это целитель 82-го поколения - ата Райымбет, 88 – ата Шыбыл, 93 – ата Қонырбөрік, 96 – ата Тама, 99

– ата Буршак-би, 103 – ата Түменбай, 104 – ата Нуртай. В наиболее полном объеме книга переписана по инициативе 103 – ата Түменбая в 1952 г., в казахском ауле Текес, в бассейне одноименной реки, крупном притоке р. Иле, на территории СУАР КНР. По-видимому, времена тогда были относительно спокойными. Для переписи был нанят каллиграф, учитель Кәтіп, который являлся доверенным лицом Түменбая. Сам владелец оригинала присутствовал при переписи, каждую переписанную страницу (вернее «тілкім») внимательно сверял с оригиналом, после чего последний бросал в огонь (по завету отца?!). Он же дополнил список именами известных ему поколений от 72-го до 103-го, сделал посильный ему перевод старых слов на современный казахский, т.е. осуществил редактирование текста. В конце книги помещено одно из преданий об образовании казахского народа и этнонима «казах», причем это «шежіре» (предание) написано на двух языках: на старо-казахском и «современном» (тоже трудном для молодых читателей).

Последний переписчик 103 – ата Түменбай Ыстанбайұлы предназначал книгу своему сыну Нуртаю. Он старался, чтобы она была понятна ему, по ходу текста делал примечания, адресованные лично сыну. В начале книги написал предисловие, в котором настойчиво просил беречь книгу и в противном случае грозил проклятием.

104 – ата Нуртай Түменбайұлы, по завету отца тоже стал целителем, в 1964 г. окончил успешно медицинский техникум в г. Кульдже и по направлению правительства КНР работал в Алтайском районе Синьзяна, в ауле Буршын (верховья р. Кара-Ертыс). Освоившись на государственной службе и устроившись в общежитии, молодой медик постепенно и тайно начал изучать книгу «Шипагерлік баян». Старинный казахский язык он изучил еще в детстве под присмотром отца. Однако даже ему было трудно освоить книгу. Тем не менее, ему удалось несколько раз прочитать книгу от начала до конца. По его свидетельству в полном виде книга излагала 1050 способов лечения болезней, содержала 4577 лечебных рецепта. Объем книги примерно в 7 раз был больше того, что нам осталось.

Современный, европейски образованный, молодой медик не ожидал опасности от начавшихся в те годы процессов перестройки в китайском обществе. Тем не менее, 16 июня 1968 года он неожиданно подвергся зауфану – обсуждению на собрании молодых хунвейбинов (красных революционеров). Его подвергли домашнему аресту, а его библиотеку, содержащую около 100 томов учебников и книг на китайском, уйгурском и казахском языках, вытряхнули на улицу и подожгли прямо под окнами комнаты. Наверху костра

тлела и книга «Шипагерлік баян». Руководители хунвейбинов, убедившись, что костер разгорелся, ушли с чувством выполненного долга. Оставшаяся молодежь бросилась разгребать художественные книги на казахском языке (по-видимому, были казахами, ведь Буршын – казахский аул). Расхватав книги из костра, они разбежались по домам, чтобы спрятать их. Книга «Шипагерлік баян» осталась наверху костра. Тогда молодой медик, усыпив бдительность приставленного к нему стража и отослав его из комнаты, сам выскочил через открытое окно на улицу, быстро выхватил книгу из костра, наскоро потушил горевшие листы, тем же путем вернулся в комнату и спрятал книгу в топке печи (ведь было лето, и печь не топилась).

Он едва успел все это проделать и закрывал окно, когда вернулся стражник. На его вопрос: «Что вы делаете у окна?», ответил: «Закрываю окна, чтобы не пахло буржуазным смрадом!». Через несколько дней, успокоив стражника, молодой медик начал переписывать сохранившиеся страницы древней книги; при этом он не думал о славе, а боялся проклятия духа отца (аруаха). Работе помогло и то, что он находился под домашним арестом около 2-х лет. На работу и домой его всегда сопровождал стражник, который так и не понял, что делает арестованный оставшись один в комнате...

Прогремели годы «красных бунтарей», в Китае наступили годы новых реформ, свободы и демократии. В октябре 1990 г. уже зрелый медик был приглашен к районному акиму Кадысу Жэнэбтулы. В продолжительной беседе последний рассказал о происходящих переменах, объяснил медику, что все подозрения с него сняты, и что он может приступить к свободной врачебной работе. Тогда же было решено опубликовать сохранившиеся части книги «Шипагерлік баян» 104 – ата Нуртаю были созданы условия и дано время около года, чтобы он привел свои поспешные записи в порядок и передал их в Синзянскую редакцию научно-технической и медицинской литературы. Все было сделано как договорились, и в 1993 году в г. Урумчи на казахском языке (в арабской графике) вышла в свет настоящая книга. Теперь старинные рецепты казахских целителей из потомственных тайников вышли в свет и стали доступными широкому кругу читателей.

Как уже отмечалось, рецензируемая книга является не только медицинской: филолог-языковед при помощи этой книги может еще раз окунуться в языковую эпоху XV века; философ-гуманист найдет удивительно прозорливые рассуждения о строении мира, о началах и основах мироздания и миропонимания древних казахов; историк встретит в книге живописные описания их быта и нравов. Географов-экологов прежде всего заинтересуют удиви-

тельные познания автора из XV века об единстве и взаимовлиянии (өзегі тұғырлық ұштасым) природы вещей, органического и неорганического миров, человеческого общества и природы, человека и его окружающей среды. Внимательно прочитав книгу, молодой эколог поймет, почему его «невежественные» предки за более чем 3 тысячи лет хозяйствования оставили своим потомкам цветущие земли, чистые реки и целебные источники. А их «культурные» потомки менее, чем за 100 лет так испоганили окружающую среду, что появились: «зона семипалатинского полигона», «Аральская катастрофа», загнивающее на глазах у ученых оз. Балхаш и другие экологические беды. Однако экологические воззрения древних казахов требуют специального и более подробного обсуждения.

Настоящий рассказ о книге «Шипагерлік баян» хотелось бы закончить небольшой критикой в адрес 104 – ата Нуртая, последнего переписчика книги. При этом сразу приведем слова извинения, может быть за необоснованную критику. Ни в коей мере не хотим умалить его гражданский подвиг – ведь он вытащил книгу в буквальном смысле этого слова «из огня», причем сделал это находясь под стражей и рискуя собственной жизнью. Мало того, мы считаем, что он выполнил заветы предков и может не страшиться гнева аруаха своего отца. Даже в таком усеченном виде книга остается энциклопедией научных достижений наших предков. И пусть их дух будет спокойным!

Рассказ 104 – ата Нуртая о чудесном спасении книги весьма правдив. Однако в него не хочется верить. Не хотим верить, что более 2/3 древних рецептов сгорело дотла; не хотим верить, что 3/4 энциклопедии пропали для потомков навсегда. Наше недоверие (просим еще раз простить за это слово) обусловлено следующими причинами:

1. Хунвейбины, несмотря на их экзальтированность, не могли бросить в огонь древнюю книгу: большинство их, судя по описанию сцены зафана (борьбы) были казахами-мусульманами; они не могли бросить в огонь книгу, написанную арабской графикой; не зря же потом они расхватили из костра казахскую художественную литературу;

2. Мало вероятно, что сам 104-й хранитель книги, несмотря на свое европейское воспитание, был настолько халатен, что держал древнюю книгу открытой в своей библиотеке.

Мы полагаем, что книга «Шипагерлік баян» Өтебойдақа Тілеукабылұлы жива и храниться, также как и святая книга монголов: «Шипагерлік құлыптас», где-то в тайниках. Нам же представлены боль-

шие отрывки из той большой книги. Это личное мнение автора, на котором он не настаивает. Основной задачей данной статьи показать экологам и географам, что рецензируемая книга является не только медицинским лечебником, но и содержит глубокие знания по экологии в широком смысле этого термина. Требуется специальное исследование та часть книги, где излагаются суждения о биологических ритмах в сочетании начал «свет и тьма», «тепло и холодно», «влажно и сухо».

К слову следует добавить, что учение о биоритмах начало развиваться на западе только в конце XIX века, т.е. 400 лет после написания книги «Шипагерлік баян». Как показали предварительные исследования Д. Нурмагамбетова из г. Тараза, сочетания указанных выше начал хорошо согласуются с биоритмами людей и могут быть подвергнуты математической обработке, а некоторые утверждения Өтебойдака, автора книги «Шипагерлік баян», хорошо согласуются с биоритмами человеческого организма, которые проповедуют народные целители Дальнего Востока на основе «Медицинской пентальтики».

Профессор А.А. Турсунов

**160 ЛЕТ СО ДНЯ ОСНОВАНИЯ
МЕТЕОСТАНЦИИ КАЗАЛИНСК**

В 2008 году исполняется 160 лет со дня основания первой в Казахстане метеорологической станции Казалинск.

Первые сведения об инструментальных наблюдениях в нашей республике относятся к середине 19 века. Они были начаты на метеостанции Казалинск в 1848 г. Однако они носили разрозненный и не регулярный характер. По разным причинам наблюдения прерывались. Таких перерывов было несколько: с 1858 по 1862 гг., с 1866 по 1869 гг., с 1875 по 1881 гг. Систематическое изучение климатических условий началось с 1881 г. и продолжается по настоящее время.

В первые годы метеостанция (М) носила название Форт, а начиная с 1881 г. – М Казалинск. Сначала она находилась в ведении военного топографического общества Туркестанского военного округа и обслуживалась военными служащими. О месте нахождения метеорологической площадки сведений не сохранилось. За свою долгую историю метеостанция неоднократно переносилась. В 1881 г. она находилась во дворе 3 классного городского училища, расположенного в юго-восточной части города. С 1884 г. метеоплощадка была перенесена на СЗ окраину города, и располагалась в 340 м к северу от реки Сырдарьи во дворе наблюдателя.

В 1886 г. по причине переезда наблюдателя на новую квартиру «переехала» и метеостанция на просторный двор. Недалеко располагался молодой сад.

В 1924 г. метеоплощадка вследствие неудовлетворительного положения (сад сильно разросся) перенесена на более открытое место и сделана частичная замена приборов. В частности, будка Вильда заменена психрометрической будкой. В 1953 г. на станции был установлен осадкомер Третьякова, а в 1958 г. флюгер с тяжелой доской, предназначенный для измерения скорости и направления ветра.

Сегодня это станция второго разряда, на которой ведутся наблюдения за всеми основными элементами погоды, такими как давление, температура воздуха, направление и скорость ветра, осадки, метеорологические явления и т.д. Она является звеном комплексной системы наблюдений, сбора, обработки, обобщения, анализа и оценки состояния природной среды нашей республики.

**ИГНАТЧЕНКО ЛЮДМИЛА НИКОЛАЕВНА
(К 50-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)**



17 мая 2008 г. исполнилось 50 лет со дня рождения начальника отдела метеорологии Центра метеорологии РГП «Казгидромет» Игнатченко Людмилы Николаевны.

В 1980 г. Людмила Николаевна окончила кафедру метеорологии географического факультета Казахского государственного университета им. С.М. Кирова (ныне Казахский национальный университет им. аль-Фараби).

Трудовую деятельность в Гидрометеорологической службе Казахстана Игнатченко Л.Н. начала с августа 1980 г. За время работы в системе Казгидромета, благодаря целеустремленности, организаторскому таланту и энергии, ей пройден большой трудовой путь от инженера до руководителя – начальника отдела метеорологии.

Осуществляя ответственную и крайне необходимую производственную деятельность по методическому обеспечению сети, Людмила Николаевна отдает ей много сил и здоровья, являясь примером высокого профессионализма и компетентности.

Обладая навыками климатологической обработки метеорологической информации, она ведет большую работу по выпуску научно-прикладных изданий и нормативно-методических документов. В частности, при её непосредственном участии был подготовлен к публикации «Научно-прикладной справочник по климату СССР». Она осуществляла методическое руководство по подготовке «Справочника по климату Казахстана», раздел 1, 2 «Температура воздуха» и «Атмосферные осадки», принимала активное участие в издании нормативно-методических документов по метеорологии. В настоящее время она занимается подготовкой к изданию Наставления гидрометеорологическим станциям и постам (часть 2 – «Метеорологические наблюдения на постах») и Методического указания по автоматизированной обработке гидрометеорологической информации (часть 2 – «Метеорологическая информация неавтоматизированных метеорологических постов»).

Помимо основной работы Игнатченко Л.Н. принимает активное участие в различной деятельности РГП «Казгидромет». Она составляет бюджетные заявки по вопросам метеорологии и работы метеорологической, актинометрической, аэрологической и озонметрической сети, разрабатывает перспективные планы развития и модернизации наблюдательной сети.

Мы сердечно поздравляем Людмилу Николаевну с юбилеем, желаем ей крепкого здоровья, неиссякаемой энергии, многих лет плодотворной и интересной работы, счастья и благополучия.

Коллектив РГП «Казгидромет»,
Редколлегия журнала

**ПАМЯТИ
СТРОЕВОЙ ТАТЬЯНЫ ПАВЛОВНЫ**



18 марта 2008 г. скоропостижно скончалась ответственный секретарь журнала «Гидрометеорология и экология», ведущий научный сотрудник отдела гидрометеорологических исследований Каспийского моря Строева Татьяна Павловна.

Строева Т.П. родилась в 1952 году в семье кадрового офицера Советской армии. Интерес к естествознанию проявился у нее очень рано, еще со школьной скамьи. После окончания школы с золотой медалью Татьяна Павловна поступила на географический факультет Казахского государственного университета им. С.М. Кирова кафедру гидрологии суши.

В 1974 г., после окончания университета, получив диплом с отличием, она была принята в лабораторию гидрологических расчетов и прогнозов Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института. За время работы в системе Казгидромета, благодаря целе-

устремленности и таланту ей пройден большой трудовой путь от инженера до ведущего научного сотрудника.

Выполняя ответственную и крайне необходимую работу по исследованию гидрометеорологических характеристик водных объектов Казахстана, Татьяна Павловна отдавала ей много сил и здоровья, являясь примером высокого профессионализма и компетентности.

Она является автором и соавтором 55 научных работ. Только за последние три года вышли из печати более 15 журнальных статей. Спектр научных интересов Татьяны Павловны был необычайно велик. В частности, она принимала непосредственное участие в разработке метода долгосрочного прогноза притока воды в Шульбинское водохранилище, модели формирования стока горных рек Казахстана в период половодья, метода долгосрочного прогноза стока рек Сайрам, Аксу, Жебоглысу, Каратал и её притоков, разработке модели годового стока малых и средних горных рек Казахстана, метода краткосрочного прогноза водности р. Каратал и её притоков, модели формирования стока равнинных рек.

В последние годы основным объектом её исследований было Каспийское море. Значителен её вклад в разработку и внедрение в производство автоматизированной системы расчета и прогноза колебаний уровня Каспийского моря, оценке современного экологического состояния прибрежной зоны во время сгонно-нагонных явлений и исследование гидрометеорологических характеристик моря.

Бесспорен международный авторитет Т.П. Строевой. Она принимала непосредственное участие в проекте по природоохранной политике и технологии для новых независимых государств бывшего Советского Союза (Консорциум проекта ЮСАИД, CH2M HILL), казахстанско-датском проекте «Система защиты и предупреждения затопления Атырауской области (UNDP)», проекте Нидерландской программы исследования изменения климата (NCCSAP) «Оценка воздействий изменения климата и мер адаптации для прибрежной зоны Каспийского моря и горных районов Южного и Юго-Восточного Казахстана», раздел: «Уровень Каспийского моря». В течение четырех лет была экспертом Центра по колебаниям уровня воды Каспийской экологической программы (TACIS). Строева Т.П. неоднократно участвовала с докладами на различных международных семинарах и симпозиумах.

С 2004 г. Татьяна Павловна была бессменным ответственным секретарем нашего журнала. Специалисты, сотрудничающие с ней по подго-

товке статей к публикации, вспоминают ее как исключительно тактичного и внимательного к проблемам других человека.

Татьяна Павловна прожила 55 лет. До самого последнего дня она была полна творческой энергии, планов, готовила очередной выпуск журнала.

Светлая память о Татьяне Павловне навсегда сохранится в сердцах знавших её людей.

Коллектив РГП «Казгидромет»
Редколлегия журнала