

*Қазақстан Республикасының
қоршаған ортаны қорғау
Министрлігі*

*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
2012

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, доктор техн. наук;
О.С. Галаева (компьютерная сборка, техническая редакция).

Перевод на казахский язык:

А.М. Бажиева

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 1 (64)

©

Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство

№ 1538 от 14 марта 1995 г.

<i>Адрес редакции:</i>	<i>050022, Алматы, пр. Абая, д. 32, к. 415, 420</i>
<i>Телефон:</i>	<i>(7272) 55-84-06</i>
<i>E-mail:</i>	<i>caspian_almaty@mail.ru http://www.kazhydromet.kz</i>

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 типографии ПК «Экожан».

г. Караганда, ул. Садоводов, 14. Тел.: (7212) 442-368; 442-360

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

И.В. Каипов, О.Е. Семенов, А.В. Чередниченко, А.П. Шапов Оценка выноса массы алевритовых частиц с осушенного дна Большого Арала с использованием данных дистанционного спутникового зондирования и мезомасштабной гидродинамической модели.	7
В.С. Чередниченко, А.В. Чередниченко, Алексей В. Чередниченко Синоптическая ситуация, предшествующая пыльной буре 7 мая 2007 г. в районе Аральского моря	41
Ф.Ж. Акиянова, О.Е. Семенов, Е.Е. Халыков Подвижные пески полуострова Бузачи (Бозашы)	58
Б.В. Шкуринский Методика определения климатической комфортности территории Западно-Казахстанской области	74
Б.К. Мамедов, А.П. Иванов, А. Арнагельдыев Эрозионные процессы на такырах	81
Т.Р. Рыспеков Зависимость данных почвенных термометров от их расположения относительно генетических почвенных трещин в степной зоне Казахстана	88
К.К. Кубенкулов, А.Х. Наушабаев Фитомелиоративная возможность восстановления плодородия антропогенно-деградированных пустынно-песчаных почв, перешедших в развиваемые песчаные барханы	98
Б.С. Степанов, Р.К. Яфязова Системы оповещения о селевой опасности в Казахстане (история, современное состояние и перспективы)	112
С.П. Шиварева, В.П. Попова, Л.Н. Никифорова, А.О. Домран Русловой водный баланс р. Сырдарьи от нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до впадения в Северное Аральское море	126

Р.К. Яфязова	
К проблеме оценки селевой активности при изменении климата	139
С.П. Шиварева, В.И. Ли	
Оценка уровня Северного Аральского моря с учётом хозяйственной деятельности и в условиях изменяющегося климата . . .	151
Р.И. Гальперин, Д.М. Бурлибаева	
Изменение характеристик гидрохимического режима реки Ишим	158
Б.К. Кенжебеков	
К оценке экологического состояния бессточных водоемов аридной зоны	171
Н.А. Тирская	
Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях мирных видов рыб из горной части Бухтарминского водохранилища	179

CONTENTS

SCIENTIFIC ARTICLES

- I.V. Kaipov, O.E. Semenov, A.V. Cherednichenko,
A.P. SHapov**
Quantitative evaluation mass of wind transported aleurite particles from the dried bottom of «big» Aral Sea using remote satellite sensors data and mesoscale hydrodynamic model 7
- V.S. Cherednichenko, A.V. Cherednichenko,
Aleksy.V. Cherednichenko**
Synoptic situation before a dust storm by May 7, 2007 at the Aral Sea Region 41
- F.ZH. Akiyanova, O.E. Semenov, E.E. Halykov**
Blown sands on the peninsula Bozashy (Buzachy) 58
- B.V. Shkurinskiy**
Technique of definition of a climatic comfort territory at the West-Kazakhstan Region 74
- B.K. Mamedov, A.P. Ivanov, A. Arnageldyev**
Erosion processes on a takyr surfaces 81
- T.R. Ryspekov**
Dependence information from soil thermometers from their location concerning genetic soil cracks of the Kazakhstan' steppe zone 88
- K.K. Kubenkulov, A.K. Naushabayev**
Phytoreclamation possibility of a restoration of the fertility anthropogenous-degraded deserted-sandy soil passed to blown sandy barkhans 98
- B.S. Stepanov, R.K. Yafyazova**
Debris-flow warning systems in Kazakhstan (history, state-of-the-art and prospects) 112
- S.P. Shivaryova, V.P. Popova, L.N. Nikiforova,
A.O. Domran**
Syrdar'ya River channel water balance from lower pool of the Shardarinsky Reservoir to the inflow of the river into the Northern Aral Sea .. 126
- R.K. Yafyazova**
To the problem of the debris-flow activity estimate in a climate change condition 139

S.P. Shivaryova, V.I. Lee	
Estimation of the Northern Aral Sea level with an allowance for economic activity and climate change	151
R.I. Gal'perin, D.M. Burlibayeva	
Change of the characteristics of the Ishim River hydrochemical regime	158
B.K. Kenzhebekov	
To the assessment of the ecological status of a arheic water reservoirs of the arid zone	171
N.A. Tirskeya	
Contents and features of distribution of heavy metals in organs and tissues of peaceful fishes from a mountain part of the Bukhtarma Reservoir	179

УДК 551.515.3 (262.83)

И.В. Каипов*
Канд. физ.-мат. наук О.Е. Семенов**
Доктор геогр. наук А.В. Чередниченко**
А.П. Шапов**

**ОЦЕНКА ВЫНОСА МАССЫ АЛЕВРИТОВЫХ ЧАСТИЦ С
ОСУШЕННОГО ДНА БОЛЬШОГО АРАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО СПУТНИКОВОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ И МЕЗОМАСШТАБНОЙ
ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

*АРАЛ, СУХОЕ ДНО, АЛЕВРИТЫ, РАЗМЕР, ЧАСТИЦА,
ГЕОМОРФОЛОГИЯ, ПЫЛЬНАЯ БУРЯ, КОСМОС, МОДЕЛЬ,
РАСХОД, МАССА, ВЫНОС*

Разработана методика комплексной оценки выносов массы алевритовых частиц с осушенной части дна Большого Арала с привлечением информации из космоса. Отсутствие наблюдений метеостанций на сухих поверхностях дна восполнено вычислением полей давления, скорости ветра и динамической скорости по мезомасштабной гидродинамической модели WRF. Распределение алевритовых частиц по размерам априори задано логарифмически нормальной функцией со средним геометрическим размером: $x_0 = 50$ мкм, $\sigma_{\lg x} = 0,23$ – для одного варианта вычислений и $x_0 = 35$ мкм, $\sigma_{\lg x} = 0,27$ – для второго. Для сильной бури 7 мая 2007 г. рассчитаны вертикальные профили твердого расхода в приземном слое атмосферы до высоты 170 м, обций расход массы в этом слое и в пограничном слое атмосферы. Масса аэрозоля, вынесенная за бурю, достигает 8 и 16,4 млн. т для соответствующих размеров частиц.

Введение

Пыльные (песчаные) бури – широко распространенное явление погоды в Казахстане, так как около четверти территории республики занима-

* Казгидромет, г. Алматы

** КазНИИЭК, г. Алматы

ют пустыни. Самым мощным источником поступления аэрозолей в атмосферу являются, вот уже на протяжении около сорока лет, осушенные части дна Аральского моря. Обнажившаяся часть дна моря сложена засоленными почвогрунтами. Режим ветра с повышенными скоростями в сочетании с почвами легкого механического состава и песками способствовал развитию на осушенном дне моря дефляционных процессов и выносу песчаного и солевого аэрозоля на окружающие территории. Поэтому вполне естественно, что объектом исследований стала стремительно высыхающая часть дна Аральского моря и природные процессы, происходящие на ней.

В 70-х...90-х годах прошлого века выдуванию подвергались части дна, сложенные песчаными и супесчаными грунтами. Песчано-солевые бури в эти годы интенсивно исследовались силами научных коллективов Госкомгидромета СССР, Союзной и Республиканских Академий наук, других Министерств и Ведомств как экспедиционными наземными работами, так и самолетным зондированием. Казахский научно-исследовательский гидрометеорологический институт (КазНИГМИ), ныне КазНИИЭЖ, был привлечен к изучению песчано-солевых бурь Арала в 1980 г.

С 1980 г. по 1998 г сотрудниками КазНИГМИ проведено 14 экспедиций на осушенную часть дна Аральского моря. Во время экспедиций получена информация по дисперсному составу песчаных массивов дна моря и окружающих его пустынь, солевому составу и содержанию солей в грунтах и грунтовых водах, об аэрозоле в приземном слое атмосферы во время бурь. Выполнены измерения профилей скоростей ветра и расхода масс песка во время бурь в приземном слое до высоты 16 м, получено их аналитическое описание и определены параметры этих функций. Для характеристики ветропесчаных потоков и их взаимодействия с подстилающей поверхностью получены основные термодинамические и кинематические параметры атмосферы при бурях. До настоящего времени результаты этих работ остаются уникальными, так как измерения ветропесчаного потока в приземном слое атмосферы до высоты 16 м никем не повторены [6, 13].

Важным шагом в изучении аэрозольных выносов со дна Арала явилось численное моделирование переноса тяжелых частиц в пограничном слое атмосферы, выполненное в 90-х годах Каиповым. Он изучил трансформацию ветропесчаного потока над источником выноса, и по мере удаления от него над водной и закрепленной песчаной поверхностями [1, 6].

Изучение физических особенностей переноса песка и его влияния на кинематику и динамику воздушного потока позволило создать физико-

статистическую модель песчано-солевых бурь и исследовать их климатический режим в Приаралье по данным наблюдений метеорологических станций. Впервые удалось оценить, в каком направлении, и какие массы песка и солей переносятся ветром в приземном слое атмосферы во время бурь. Были получены новые объективные климатические характеристики песчаных бурь, необходимые при проектировании строительных работ в пустынях, работе промышленных предприятий и при борьбе с песчаными заносами. Работы КазНИГМИ по мониторингу песчано-солевых бурь Арала опубликованы в трудах института и в монографиях [6, 13, 14].

Моделирование переноса песка при бурях на многолетних данных метеорологических станций показало, что дефляционные процессы в регионе очень динамичны во времени и на их мезо-масштабные характеристики оказывают влияние крупномасштабные процессы, происходящие в атмосфере всей планеты. В объемах ветрового переноса масс песка наблюдаются циклические изменения. Наибольшая интенсивность ветровых процессов на территории республики наблюдалась в 70-х годах, после чего наступила фаза их спада. К сожалению, с распадом СССР исследования бурь на Арале вначале были значительно сокращены, а затем и вовсе прекращены.

Быстрое падение уровня воды в Аральском море в начале 21 века привело к образованию новых больших площадей суши на территории Большого Арала, занятых отложениями алевритовых и глинистых илов с высоким содержанием солей, подвергающихся интенсивным процессам выветривания. Гранулометрический (дисперсный) состав алевритов дна Арала не исследован, и поведение такого мелкого аэрозоля в районе Арала совершенно не изучено. Неизвестен его элементный и ионный состав, содержание в атмосферных потоках, влияние на рассеяние и изменение спектрального состава солнечного излучения. Известно только, что алевриты состоят преимущественно из минеральных зерен (кварц, полевой шпат, слюда и др.) размером 0,005...0,1 мм (5...100 мкм), но детальная информация о функции распределения их частиц по размерам отсутствует. Алевритовые грунты должны так же легко подвергаться выдуванию, как и песчаные, так как они содержат в своем составе те же наиболее легко перемещаемые ветром частицы размером 70...100 мкм. Наличие в них более мелких частиц размером 5...50 мкм приводит к формированию более длинных шлейфов выносов аэрозолей из-за большей продолжительности жизни этих частиц в атмосфере.

Анализ космических снимков 2002...2008 годов подтверждает увеличившуюся повторяемость пылевых выносов из района Арала и большую оптическую плотность их изображения. Имеются космические снимки, на которых шлейфы пылевых выносов достигают более 700 км, что свидетельствует о большем обогащении потоков аэрозоля мелкими частицами и возросшей переносимой массе частиц твердой фазы. Такое увеличение расстояний выносов аэрозолей говорит о том, что границы зоны бедствия в Приаралье увеличились примерно вдвое.

Чтобы дать климатический количественный прогноз выноса и выпадения Аральского аэрозоля на окружающую территорию по мере дальнейшего падения уровня воды в Большом море необходимо иметь следующую информацию.

- Метеорологические параметры (число и продолжительность бурь, скорость и направление ветра во время этих явлений).
- Дисперсный состав осушающихся почвогрунтов дна.
- Содержание солей в составе почвогрунтов и в потоке аэрозолей.

Прекращение научного мониторинга за падением уровня Арала и его последствиями в начале 90-х годов 20 века значительно снизило возможность прогноза развития процессов дефляции осушенной части дна моря в настоящее время. Из приведенного выше перечня параметров для современной оценки процессов выветривания мы не располагаем информацией о реальных метеорологических условиях на осушенном дне. В Казахстане М Уялы, М о. Лазарева и М Барса-Кельмес закрыты и не могут давать сведения о процессах пыльных бурь. Работавшей метеостанцией в районе экологической катастрофы на территории Казахстана осталась только одна – Аральское Море, которая удалена от осушенной части дна Большого Арала более чем на 100 км. Неизвестен дисперсный состав осушающихся грунтов дна, содержание солей в составе грунтов и в потоке аэрозолей, отсутствуют измерения потоков массы частиц во время бурь.

Поэтому в настоящее время можно получить картину масштабов выноса Аральского аэрозоля только для отдельных сильных пылесолевых и песчаных бурь лишь путем моделирования процессов ветрового переноса тяжелых быстро оседающих частиц грунта с осушенной части дна водоема (далее для всех этих бурь будем применять один термин – пыльная буря). Сделать это стало возможным благодаря результатам проведенного ранее экспериментального изучения песчаных бурь, достижений их теоретических исследований, успехов гидродинамических методов построения

метеорологических полей давления и скоростей приземного ветра, привлечения информации с искусственных спутников Земли.

Ниже авторами сделана попытка получить количественные характеристики зафиксированной с космического аппарата AQUA спектрорадиометром MODIS сильной пыльной бури 7 мая 2007 г. по информации, размещенной на сайте NASA (рис. 1).

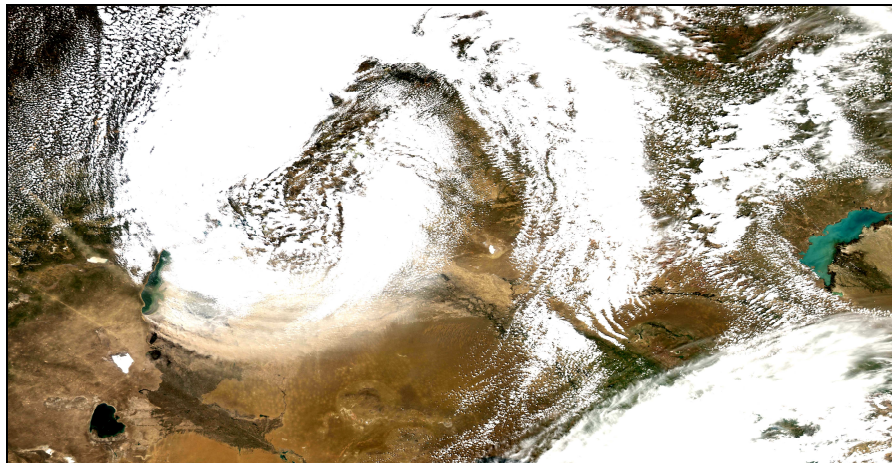


Рис. 1. Снимок пыльной бури 7 мая 2007 г. в 8 час 40 мин по СГВ. Спутник AQUA.

Из имеющейся у нас базы космических снимков бурь в Аральском регионе рассматриваемый снимок был выбран по следующим причинам:

- Зафиксированная пыльная буря достаточно мощная, – длина шлейфа выноса составляет около 600 км, ширина – 200 км, высота слоя переноса пыли – 1200...1500 м и площадь – 110 000 км².
- Источником аэрозоля является большая часть поверхности осушенной территории дна моря.
- Пыльные бури такого масштаба с переносом аэрозоля в восточном направлении – относительно редкое явление.

По космическому снимку пыльной бури можно определить границу источника лишь вне подоблачной зоны и с наветренной стороны. Для оценки всей площади источника пыльной бури 7 мая 2007 года были определены наветренные границы источников 9 пыльных бурь в апреле и начале мая 2007 г. Полученные границы были объединены (рис. 2), и, таким образом, получен наиболее вероятный контур источников этой пыльной бури. Учитывая по снимку (рис. 1) направление переноса аэрозоля и контур источника выдувания, фронт переноса бури можно принять равным 200 км.

Геоморфологическая характеристика источников

Песчаные и пыльные бури являются функциями двух групп параметров, характеризующих соответственно воздушный поток и свойства поверхности, подвергающейся выветриванию. Из них наиболее определяющие интенсивность процесса переноса следующие: скорость ветра, размер частиц, рельеф местности и влажность поверхностного слоя грунтов, наличие растительного покрова.

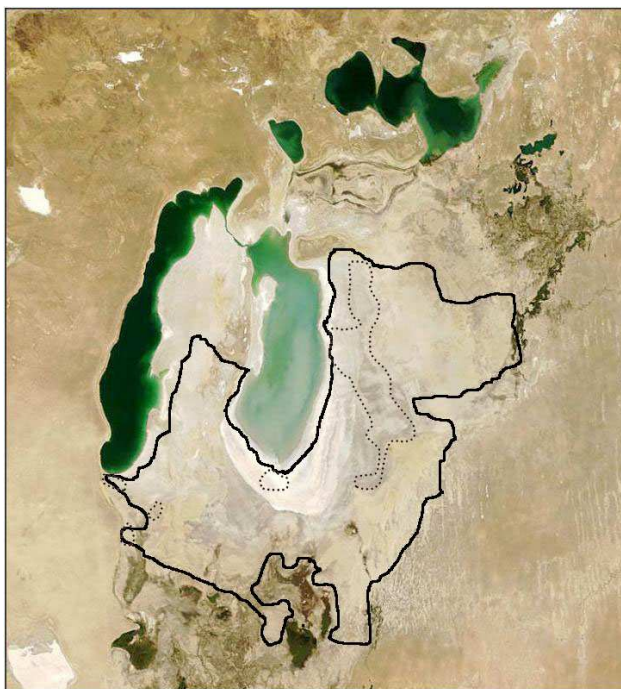


Рис. 2. Площадь источников аэрозоля для пыльных бурь в мае 2007 года. Пунктиром обозначены наиболее интенсивные источники пыления.

Подвижный песок пустынь является полидисперсной средой. Распределение его частиц по размерам чаще всего можно описать логарифмически нормальной функцией с плотностью вероятности

$$f(x) = \frac{0,43429}{\sigma_{\lg x} x \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2\sigma_{\lg x}^2} \right], \quad (1)$$

где x – размер песчинок; x_0 – средний геометрический размер частиц; $\sigma_{\lg x}$ – среднее квадратическое отклонение $\lg x$ (стандартное геометрическое отклонение). Для описания этого распределения достаточно знать параметры x_0 и $\sigma_{\lg x}$, которые легко установить при ситовом методе анализа размеров частиц песка [6, 13, 14].

Основным параметром полидисперсного песка, определяющим физические процессы его взаимодействия с воздушным потоком, является средний геометрический размер частиц x_0 . Наличие дисперсии распределения приводит к тому, что процессы переноса приобретают стохастический характер.

В отношении развития дефляционных процессов на высохшей территории Арала условно можно выделить три типа поверхности:

1. Песчаные массивы территории осушки до 1990 года.
2. Подвижные пески с примесью алевритовой пыли и ракушечника.
3. Ровные солончаковые и алевритовые поверхности.

На основе анализа карт Google Map нами были определены площади районов первого и второго типа (рис. 3).



Рис. 3. Территории с подвижными формами рельефа. 1, 2 – песчаные массивы (территория осушки до 1990 г.). 3, 4, 5 – подвижные пески с примесью ракушек и илистых фракций. Пунктиром обозначена береговая линия 1960 г.

Площади массивов составили: 1-го – 2278 км², 2-го – 3166 км², 3-го – 880 км², 4-го – 59 км² и 5-го – 1690 км². Контуры массивов выделялись по наличию на поверхности эоловых форм рельефа. Массив 1 и Казахстанская часть массива 2 достаточно хорошо изучена экспедициями

КазНИГМИ в 1980...1992 годах [6, 13, 14]. Это перевеянные барханно-грядовые закрепленные и полужакрепленные пески. Средний геометрический размер этих песков варьирует в широких пределах. Для полосы бывших островов и баров, протянувшейся от дельты Сырдарьи до бывшего Акпеткинского архипелага характерны крупные и очень крупные пески – средний геометрический размер их составляет 200...390 мкм, встречаются и более крупные пески – до 430 мкм. В районе, ограниченном коренным берегом и полосой островов и баров, песок мелкий, средний геометрический размер – 100...120 мкм. Все эти пески хорошо перевеяны, с незначительным содержанием пыли и солей (до 2 %).

В заостренной части (западнее полосы островов и баров) изучение поверхности и дисперсного состава практически не проводилось. Лишь во время выполнения вертолетных маршрутов в 1989 и 1990 гг. было отобрано несколько образцов с поверхности подвижных песков, образовавшихся на плоской поверхности песчано-алевритовых отложений. Для функции распределения частиц по размерам у всех образцов характерна положительная асимметрия, обусловленная значительным количеством пылевой фракции. Наблюдается закономерное уменьшение среднего геометрического размера частиц в южном направлении: от 110 мкм южнее дельты Сырдарьи до 93 мкм восточнее бывшего острова Узункаир.

Современные исследования природно-территориальных комплексов Приаралья с использованием снимков космических аппаратов выполнены Кравцовой [8]. Ею составлена карта природно-территориальных комплексов, на которой охарактеризованы террасы трех уровней, сформировавшиеся 1...2 года назад, 5...6 лет и 30...40 лет назад (рис. 4).

Кравцова по снимкам, полученным в апреле, мае, июле и сентябре 2002 г., впервые составила серию карт сезонных изменений состояния природно-территориальных комплексов. Освоение бывшего морского дна растительностью из-за разреженности покрова на снимках не заметно, но хорошо отображаются сезонные изменения влажности и солености бывшего морского дна.

Кравцова установила, что состояние природно-территориальных комплексов меняется в течение года с просыханием грунта после зимне-весеннего увлажнения. Весной увлажнена широкая полоса террас 1 и 2-ого уровня. Режим засоления грунта также тесно связан с изменением увлажнения. По краю террас, вследствие испарения влаги образуется солевая корка, окаймляющая увлажненную поверхность террас сплошной полосой шириной

2...10 км. По мере высыхания корка становится источником солевых бурь и постепенно разрушается. Через 2...3 месяца она распадается на отдельные фрагменты и находящиеся за ней террасы 3-его уровня покрываются налетом солей. К концу лета остатки солевой корки полностью исчезают [8].

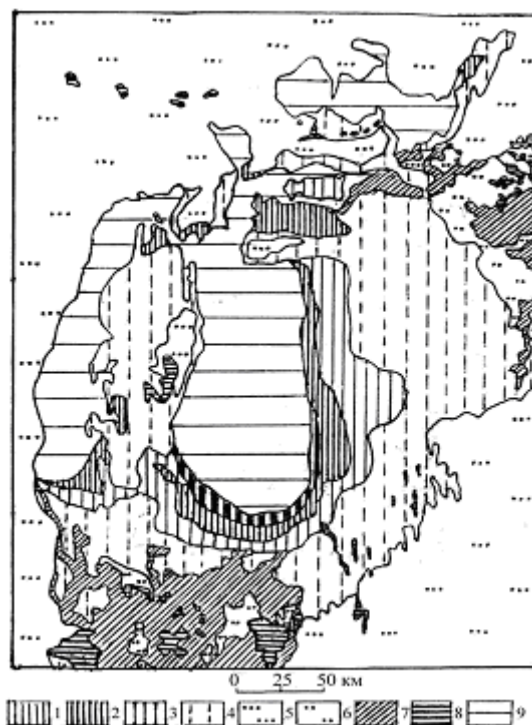


Рис. 4. Карта природно-территориальных комплексов Приаралья.
По Кравцовой [8].

1 – марши (чередование участков воды и сухого дна). Бывшее морское дно, освободившееся от воды в разное время: 2 – 1...2 года назад – террасы 1-ого уровня (иловые пустоши без растительного покрова, при обсыхании покрывающиеся солевой коркой); 3 – до 5...6 лет назад – террасы 2-ого уровня (суглинисто-иловые пустоши с солончаковой полукустарниковой растительностью, с соевыми корками по краям полос увлажнения, подверженные процессам дефляции и формирования эолового рельефа в начальной стадии); 4 – до 30...40 лет назад – террасы 3-его уровня (песчано-солончаковые пустыни с участками псаммофитно-кустарниковой растительности, чередующимися с солончаками и незакрепленными песками, с развитыми процессами дефляции и формирования эолового рельефа); 5 – глинистые и песчаные пустыни коренной суши с псаммофитно-кустарниковой и саксауловой растительностью; 6 – дельтовые равнины с опустыненной травянистой и кустарниковой растительностью; 7 – тростниковая растительность в дельтах рек и по морским берегам; 8 – солончаки, озера, временные водоемы. 9 – морская акватория.

Параллельно с разрушением первой полосы солевой корки (весенней, наиболее мощной), по мере высыхания низких террас, по краю сужающейся увлажненной полосы образуются новые солевые корки. Сначала они влажные, потом высыхают и подвергаются разрушению процессами дефляции. Автор отмечает, что «Некоторое время существуют одновременно две или даже три полосы солевых корок, каждая из которых находится на разной стадии в цикле формирования по краю увлажненной террасы, высыхания и затем дефляционного разрушения. Таким образом, основные процессы сезонной динамики территории бывшего морского дна связаны с режимом ее увлажнения и засоления, просыханием грунта и образованием, а затем разрушением солевых корок по краю сужающейся увлажненной полосы». Работа Кравцовой наиболее полно освещает качественно динамичный во времени процесс развития солевых бурь на осушенном дне Арала ниже изобаты 20...25 м.

В 2004 году был выпущен отчет по проекту INTAS - АРАЛ - 2000 - 1059 [17]. В отчете представлена ландшафтная карта осушенной части дна Аральского моря, составленная на базе космических снимков (лето 2000 г.). В общих чертах эти исследования перекликаются с работой Кравцовой. Современную прибрежную зону по этой работе можно характеризовать как полого-наклонную равнину, с унаследованными формами морского рельефа. Ее поверхность, бронированная соляной коркой, сложена алевритами, мелкозернистыми заиленными песками, с единичными сведовыми группировками на солончаках маршевых, с интенсивным выпотным засолением, бугорками вспучивания, трещинами усыхания, слабовыраженными флювиальными процессами в приурезовой полосе. Далее, по направлению к островной полосе, это плоская слабонаклонная равнина, сложенная мелкозернистыми песками, алевритами с солончаками приморскими, проявлением площадной дефляции и аккумуляции. И, наконец, непосредственно к островной полосе примыкает разной ширины слаборасчлененная низкобарханная лишенная растительности равнина, сложенная мелкозернистыми песками, с солончаками приморскими с навевным песчаным чехлом и интенсивными дефляционно-аккумулятивными процессами.

Таким образом, в пределы зоны источников пыльной бури 7 мая 2007 года входят участки алевритов с размерами частиц 5...100 мкм, массивы мелкозернистых песков со средним геометрическим размером частиц 100 мкм и менее и солончаки. Размеры частиц на пухлых солончаках Восточного Приаралья, по данным Орловой, составляют от 2,5 мкм до 25 мкм [9].

Из геологической литературы известно, что алевриты представляют собой тонкозернистые пылеватые породы с частицами размером от 100 до 5 мкм (0,1...0,005 мм). По минеральному составу алевритовые породы разделяются на мономинеральные, олигомиктовые и полиминеральные. По внешнему виду алевритовые породы напоминают песчаные, хотя их зернистость заметна только в лупу. По размерам они делятся: крупнозернистый алеврит – 100...50 мкм, среднезернистый – 50...25 мкм, мелкозернистый – 25...10 мкм. Происхождение алевритов морское, озерное, эоловое. Отложения алевритов располагаются на большем удалении от береговой линии бассейна, окаймляя со стороны открытого моря область развития песчаных осадков. Обе эти субформации соответствуют мелководной зоне шельфа. Следует иметь в виду, что наряду с дифференциацией на поверхности дна водоема происходит и смешивание осадочного материала (интеграция), поступающего из разных источников сноса. Между песчаными и алевритовыми отложениями, алевритовыми и глинистыми илами переход постепенный, что приводит к образованию переходных смешанных субформаций – песчано-алеваитовой, алевро-глинистой. Относительно чистые разности с содержанием алевритовой фракции (0,10...0,01 мм) 90 % и более наблюдаются сравнительно редко. В большинстве случаев отмечаются многочисленные вариации количественных соотношений алевритовой фракции с песчаными и пелитово-глинистыми фракциями. Поэтому по гранулометрическому составу алевриты, как правило, разнообразны [2].

На дне осушенного Арала процессы интеграции под воздействием сильных ветров усилились. При восточных ветрах происходит обогащение алевритовых поверхностей мелким песком, при слабых западных – пылеватыми (пелитовыми) частицами размером менее 10 мкм и частицами солей. Во время бурь происходил обратный процесс – вынос наиболее мелких частиц из поверхностных слоев и обогащение алевритовых отложений более крупными зернами песка. Особенно интенсивно этот вынос шел при образовании барханов на алевритовых поверхностях дна, которые хорошо видны на картах Google Map. Длительные эоловые процессы переноса приводят к постепенному смещению распределения частиц как алевритовых, так и песчаных отложений по размерам в область более крупных размеров.

Отсутствие информации о гранулометрическом составе алевритовых отложений на дне Арала заставило нас задать его для своих дальнейших расчетов априори. На рис. 5 приведены две функции логарифмически нормального распределения частиц алевритов по

размерам с параметрами: $x_0 = 50$ мкм, $\sigma_{\lg x} = 0,23$ – для верхней кривой распределения и $x_0 = 35$ мкм, $\sigma_{\lg x} = 0,27$ – для нижней. Далее для этих двух вариантов распределений частиц по размерам будут выполнены расчеты характеристик переноса ветром масс алевритовых отложений.

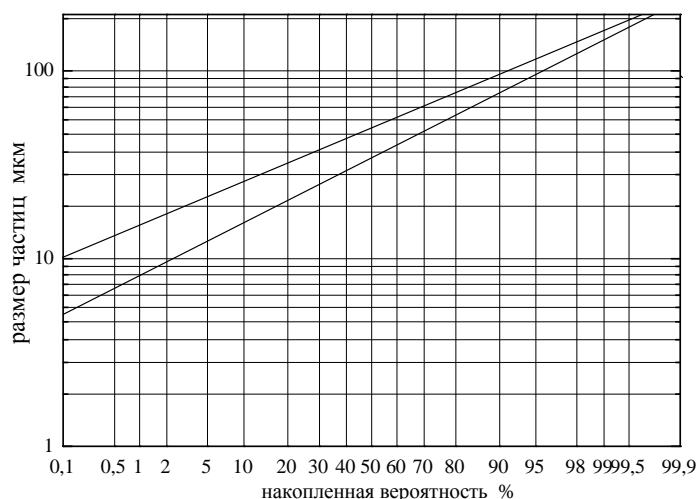


Рис. 5. Кривые распределения алевритовых частиц по размерам, заданные априори, со средним геометрическим размером $x_0 = 50$ мкм, $\sigma_{\lg x} = 0,23$ и $x_0 = 35$ мкм, $\sigma_{\lg x} = 0,27$.

Синоптическая ситуация, приведшая к образованию сильных ветров и пыльной бури 7 мая 2007 г. в районе Арала

Детальное описание синоптической ситуации при образовании пыльной бури 6 – 7 мая 2007 г. дано в статье Чередниченко в этом же номере журнала [16]. Синоптическая ситуация, предшествующая пыльной буре, заключалась в том, что над первым естественным синоптическим районом начался процесс перестройки западного синоптического процесса по типу 3 в северо-западный, сопровождавшийся усилением меридиональной составляющей циркуляции атмосферы и увеличением горизонтальных барических градиентов у земли.

Авторы [11, 12, 15], описывая западный процесс, подтип 3, пишут следующее: «Наиболее опасна в смысле бурного циклогенеза в зоне Аральского моря или в Центральном Казахстане такая ситуация, когда полярная высотная фронтальная зона (ПВФЗ) над Черным морем, Каспием и западом Средней Азии очень интенсивная, а над востоком Средней Азии и Восточным Казахстаном располагается меридиональный теплый высот-

ный гребень. В этом случае над Центральным Казахстаном расхожимость циклонически изогнутых изогипс и изотерм и переход их циклонической кривизны в антициклоническую приводит к сильному динамическому падению давления у земли. В районе к северу от Аральского моря развивается глубокий циклон, местами переходящий в штормовой. Он развивается из циклонической волны».

Образование сильной пыльной бури и её продолжение в течение двух суток явилось следствием усиления меридиональности в завершающемся Западном типе синоптического процесса, сопровождавшимся адвекцией тепла на район Северного Каспия и Арала. Это вызвало динамическое падение давления в этом районе и его рост над ЮВ европейской территории России (ЕТР) и западнее Каспия, обусловленное усилением меридианальности и смещением холодной воздушной массы к ЮЮВ.

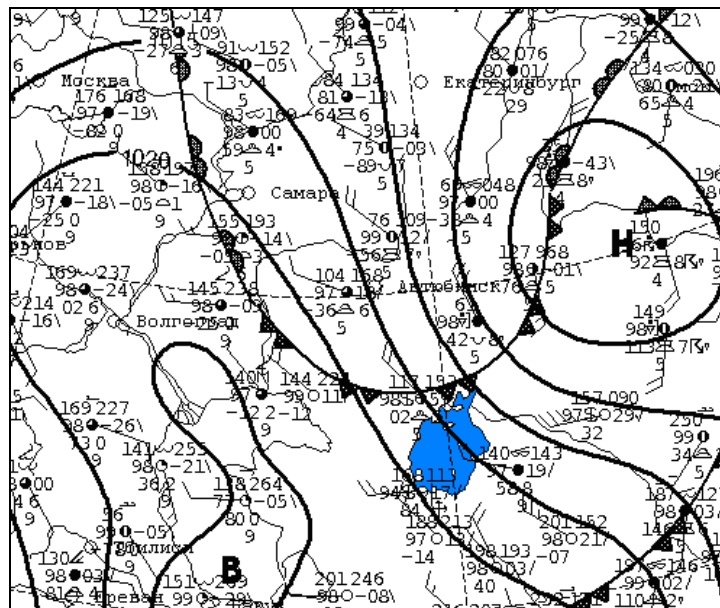


Рис. 6. Фрагмент приземной карты погоды за 07.05.2007 г. Срок 12 ч.

Произошло сближение двух барических образований, антициклона западнее Каспия и циклона восточнее Арала, и появлению больших градиентов давления в регионе (рис. 6). Определенную роль сыграли Уральский хребет и Мугоджары, задержавшие перемещение воздушной массы к востоку, что так же способствовало сгущению изогипс западнее их [10, 16]. Ровная подстилающая поверхность позволила образоваться сильному ветру, поднять с осушенной поверхности слой пыли и соли, и перенести его на значительное расстояние.

Вычисление метеорологических полей давления, скорости ветра и динамической скорости над осушенной частью Большого Арала

Отсутствие информации о пыльно-солевых бурях на дне Арала заставило нас обратиться к гидродинамическим методам построения метеорологических полей для этого региона. Для этого была использована мезомасштабная гидродинамическая модель WRF. Она в настоящее время используется для большого круга задач исследования окружающей среды, таких как численный прогноз погоды, моделирование текущего и будущего климата, взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью, распространение примесей различного генезиса [http://wrf-model.org/plots/realtime_main.php] [19, 20]. Модель WRF представляет собой гибкую и современную систему моделирования атмосферы.

Широкий спектр физических и динамических опций модели отражает опыт практического использования и вклад научного сообщества. Она учитывает конфигурацию многих современных многопроцессорных систем и поэтому является эффективной и удобной для использования на этих системах. Модель разрабатывается международным сообществом научных организаций, и представляет собой систему модулей:

- модуль подготовки начальных и граничных данных (WRF Preprocessing System);
- собственно решающее ядро (Advanced Research WRF);
- модуль постпроцессинга (WRF Postprocessing System).

Большая часть модели (собственно вся математика) реализована на языке FORTRAN с использованием библиотеки MPI. На языке C написаны модули для работы с данными [http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/arw_v3].

Для исследуемого в статье случая пыльной бури в районе Приаралья 7 мая 2007 года модель использовалась для расчета различных параметров атмосферы. Особый интерес представляет атмосферная турбулентность – хаотические пульсации (флуктуации) скорости ветра, температуры и влажности воздуха, которые играют существенную, а в ряде случаев определяющую роль в формировании режима пограничного слоя атмосферы, способствуя интенсивному перемешиванию масс воздуха, переносу тепла, влаги, количества движения, а также диффузии различных веществ с поверхности Земли в атмосферу. Одним из важнейших параметров для описания процессов подъема и переноса примесей с поверхности земли является динамическая скорость или скорость трения – масштаб скорости в приземном слое воздуха [3, 6, 13, 18].

В модели WRF для описания этих процессов применяется теория подобия Монина-Обухова, разработанная в 50-х годах для приземного слоя воздуха. Эта теория позволяет связать данные о средних значениях скорости ветра, температуры и влажности на нескольких высотах вблизи поверхности земли с величинами турбулентных потоков. В качестве начальных и граничных условий модели использовались данные повторного анализа. Проект «Повторный анализ» – это совместная работа NCEP (Национальный центр США прогноза окружающей среды) и NCAR (Национальный центр США исследования атмосферы) с целью создания 40-летних архивов глобальных атмосферных полей для различных задач окружающей среды, в частности, для исследования текущего климата. Проект предусматривает восстановление данных на основе контактных наблюдений у поверхности суши и океана, измерений радиозондов, самолетных, спутниковых и других данных и охватывает период с 1951 года по настоящее время [<http://dss.ucar.edu/datasets/ds083.2>].

Повторный анализ выполнен в NCEP с использованием глобальной спектральной модели T62 (разрешение – 209 км) на 28 вертикальных уровнях. Это та же модель, что используется в NCEP в оперативной практике, начиная с декабря 1994. Модель имеет 5 уровней в пограничном слое и приблизительно 7 уровней на высотах более 100 гПа. Модель включает параметризацию всех главных физических процессов, т.е. крупномасштабную конвекцию, крупномасштабные осадки, мелкомасштабную конвекцию, перемещение гравитационных волн, радиацию с суточным циклом при учете облачности, физику пограничного слоя, гидрологию поверхностных вод суши, вертикальные и горизонтальные процессы диффузии.

Для моделирования динамических характеристик атмосферы в интересующем нас регионе были определены два домена с размерами (100×142) и (133×199) точек с пространственным разрешением 18 и 6 км соответственно. Домен 2 характеризуется двунаправленной вложенностью, т.е. полученные в нем результаты расчетов используются для корректировки параметров внешнего домена. На рис. 7 представлены расчетные области.

В результате моделирования в расчетных доменах были получены ежечасные детальные карты барической топографии, поля приземного ветра и динамической скорости u_* за 48 часов, начиная с 00 час 6 мая до 00 час 8 мая.

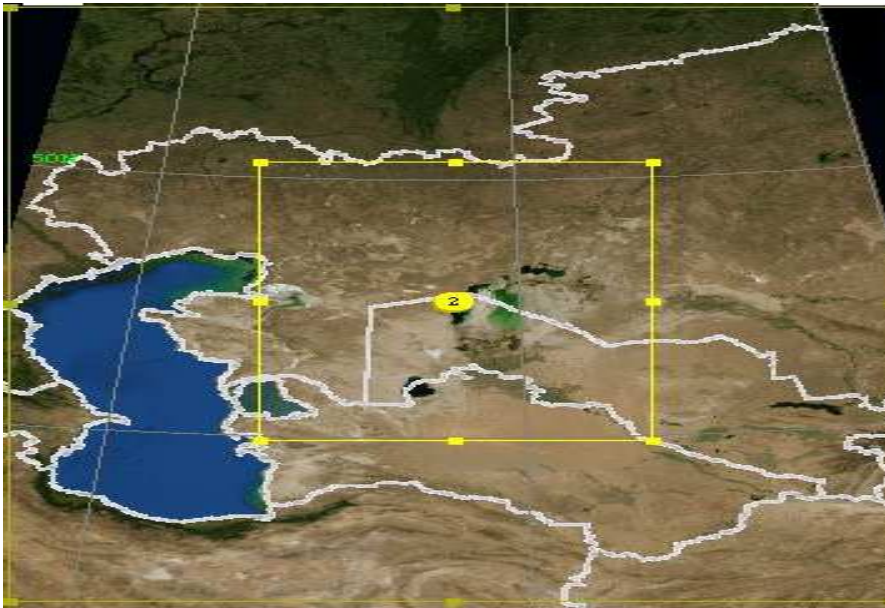


Рис. 7. Расчетные домены: 1 – внешний домен (границы ограничены рамкой рисунка) и 2 – вложенный домен.

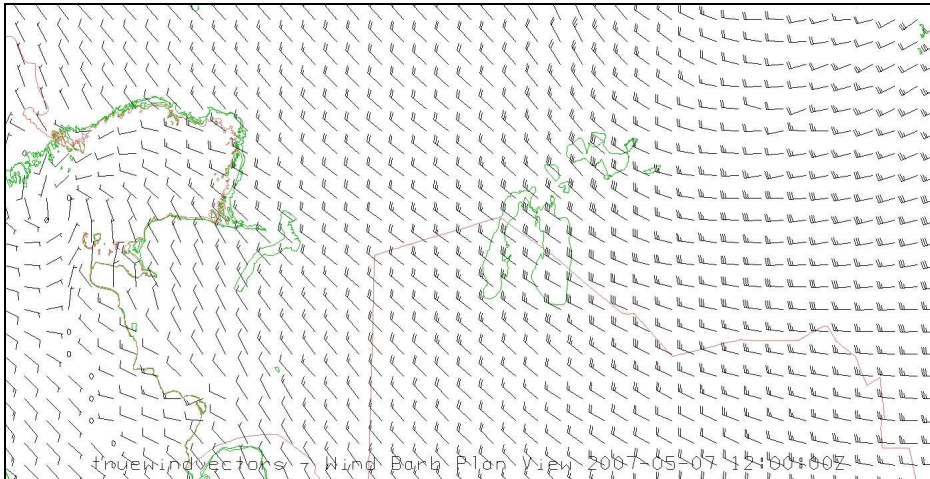


Рис. 8. Поле ветра в первом домене за 12 час 00 мин СГВ 7 мая 2007 г.

На рис. 8 в качестве примера приведена карта поля ветра за 12 час 7 мая СГВ для первого домена, а на рис. 9 – карта поля ветра и динамической скорости потока для второго домена. На картах второго домена была выделена площадь Большого Арала, где дано описание изменения во времени динамической скорости ветра, что позволило определить длительность этой очень сильной бури, во время которой u_* над осушенной частью дна достигала значений 0,8...1,1 м/с.

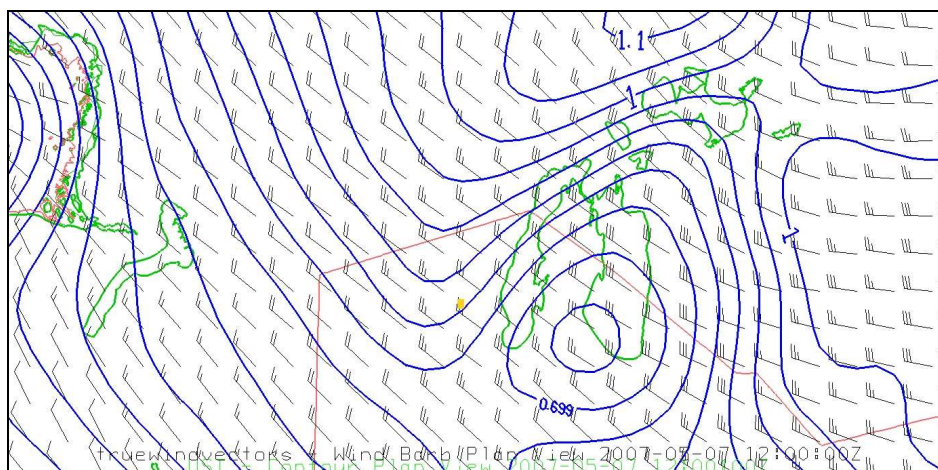


Рис. 9. Поле ветра и изолинии динамической скорости потока во втором домене за 12 час 00 мин СГВ 7 мая 2007 г.

Значительная изменчивость динамической скорости наблюдалась не только во времени, но и по территории осушенной части дна. Очевидно, что модель достаточно чувствительна к геоморфологическим особенностям новых территорий суши – чинку западного берега и бывшим низким островам Арала (рис. 10 и 11).

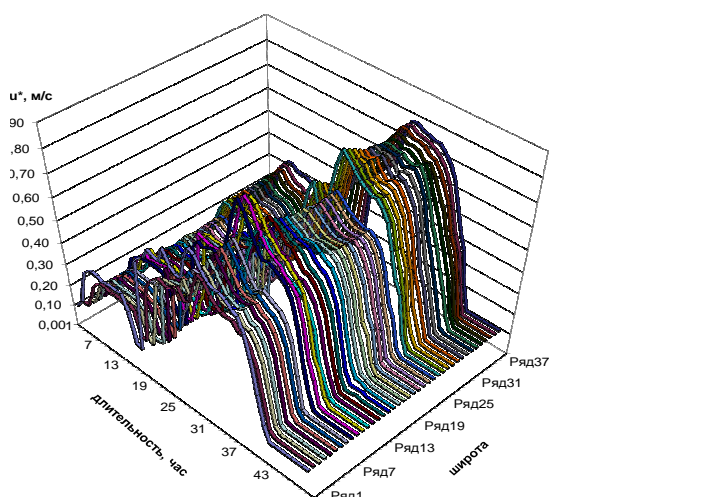


Рис. 10. Фрагмент картины пространственно-временного изменения динамической скорости над источником аэрозоля во время бури 06 и 07 мая. Линии изменения u_* проведены через 6 км, начиная от самой южной границы источника выдувания частиц.

На рис. 10 приведен фрагмент картины пространственно-временного изменения динамической скорости над источником аэрозоля во время бури. Полученные изменения динамической скорости во времени позволили определить продолжительность переноса донных отложений ветром. Как показано в [6, 13] критическое значение динамической скорости $u_{*k} = 0,15$ м/с, при достижении которого начинается ветровой перенос частиц размером 70...100 мкм. Более мелкие частицы начинают самостоятельное движение в потоке воздуха при больших значениях скорости. Но так как в составе алевритовых частиц достаточное количество частиц размером 70 мкм и более, то выдувание донных отложений за счет бомбардировки поверхности этими, наиболее легко вовлекаемыми в движение частицами, должно начинаться при $u_{*k} = 0,15$ м/с. Рис. 11, на котором приведено изменение динамической скорости во времени в трех различных районах дна Арала, позволяет определить продолжительность наблюдаемой бури и её интенсивность.

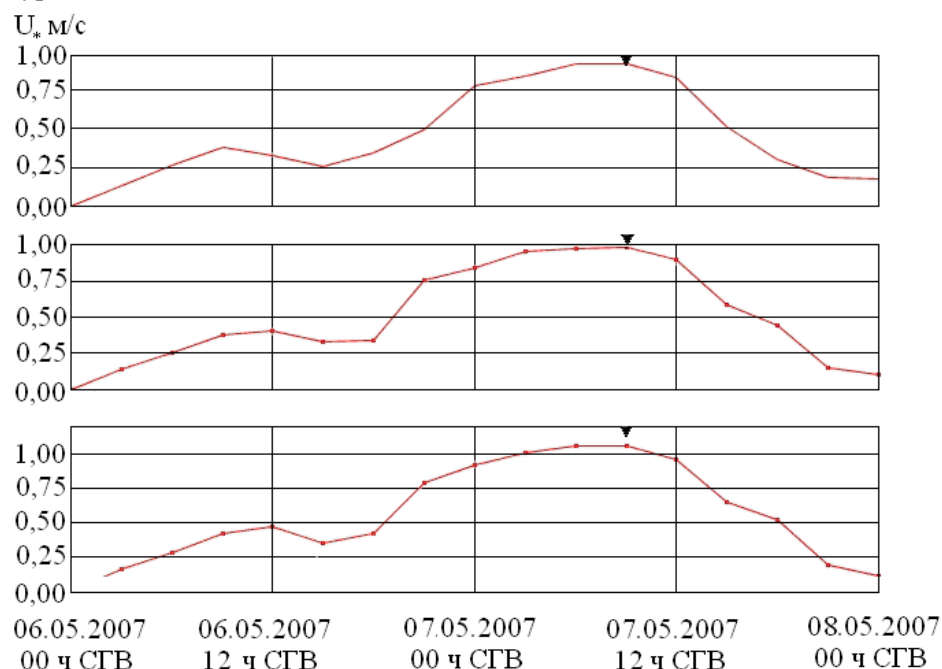


Рис. 11. Временной ход динамической скорости за 6 и 7 мая 2007 г. в трех различных районах дна Арала. Время по Гринвичу. Символ над кривой ▼ указывает на момент снимка бури (рис. 1).

Длительность ветрового переноса донных отложений оказалась равной 46 часам. Слабая буря началась около 6 час утра местного времени

(02 час СГВ) 6 мая. Динамическая скорость постепенно росла и достигла к середине дня на большой площади сухого дна значений 0,3...0,4 м/с, местами до 0,45 м/с. В 16...17 час скорость местами снизилась до значений ниже критической. Буря ослабела, перенос происходил не на всей площади источника. В 19 час динамическая скорость резко выросла и достигла 0,5...0,6 м/с. Началась очень сильная пыльная буря, вызванная, по видимому, прохождением фронтального раздела. В течение нескольких часов (2...3 час) скорость ветра была устойчивой, а затем за прошедшим фронтом вновь произошло усиление скорости потока, динамическая скорость возросла, и её максимальные значения достигли 0,8...1,1 м/с. На момент максимального усиления ветра приходится снимок бури из космоса (рис. 1). Этот сильный ветер продолжался до 16 час 7 мая, а затем началось медленное его затухание. Через 12 часов динамическая скорость снизилась на большей части дна Арала до значений, меньших критического. Но на некоторых участках слабый перенос ещё продолжался. За 14 проведенных на дне Арала экспедиций нам не приходилось встречаться с бурей такой силы. Самая сильная песчаная буря, измерения параметров которой нам удалось провести в 1984 г., проходила при u_* в интервале значений 0,7...0,85 м/с и была продолжительностью около 29 час.

Теперь, зная основные параметры пыле-солевой бури, можно определить масштабы переноса массы аэрозолей за время этого стихийного явления погоды и выявить отличие её строения от ранее изученных песчано-солевых бурь Арала [6, 13].

Определение масштабов переносимых ветром масс частиц твердой фазы потока во время бури 6 – 7 мая 2007 г.

Наиболее удобной величиной при определении масс песка или других аэрозолей, перемещаемых воздушными потоками, является твердый расход q – масса твердой фазы, переносимая в единицу времени через единицу площади поперечного сечения потока, кг/(м²·с). Выполненные нами ранее измерения профилей твердого расхода во время бурь над песками с логарифмически нормальной функцией распределения частиц по размерам со средним геометрическим размером песчинок, изменявшимся в интервале 90...240 мкм, показали, что они аппроксимируются степенной функцией

$$q(z) = q_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{-0,57 \frac{w_g}{u_*}}, \quad (2)$$

которая позволяет определить твердый расход песка для любой высоты по его измерениям на одном уровне z_1 , по скорости ветра и параметрам функции распределения частиц песка по размерам на поверхности. В формуле (2) q_1 – твердый расход на высоте z_1 , кг/(м² с); w_g – скорость свободного падения частиц (гидродинамическая крупность частиц), м/с, u_* – динамическая скорость потока (скорость трения), м/с.

Наши исследования проводились в приземном слое атмосферы от поверхности песка до высоты 16 метров. На первой стадии этих работ измерения выполнялись над спланированной ровной песчаной поверхностью. Последующие работы уже делались над естественными поверхностями, состоящими из низких барханных цепей с высотами гряд 0,4...0,8 м. Аналитическое описание профилей твердого расхода песка в приземном слое атмосферы над обоими типами поверхностей оказалось одинаковым [6, 13].

Для развитых пыльных бурь в условиях стационарного во времени и однородного в пространстве потока с мелкими взвешенными монодисперсными частицами пыли размером порядка нескольких микрометров Баренблатт и Голицын [4, 18] ранее теоретически получили следующее выражение для профиля объемной концентрации

$$s(z) = s_0 \left(\frac{z}{z_0} \right)^{-\frac{w_g}{\alpha_0 \cdot \kappa \cdot u_*}}, \quad (3)$$

здесь $\alpha_0 = k_m/k_\tau$ – отношение коэффициентов обмена массы и импульса, $\kappa = 0,4$ – постоянная Кармана.

Профили твердого расхода (2) над реальным полидисперсным песком, который превышает по размерам исследованные Баренблаттом и Голицыным аэрозоли на один-два порядка, по своему виду оказались аналогичны их профилям объемной концентрации. Показатель степени в формуле (2) несколько отличается от теоретически полученного Баренблаттом и Голицыным в выражении (3), но это различие является кажущимся, так как получены они для частиц с сильно отличающимся размером.

Интенсивные песчаные и пыльные бури проходят при нейтральной температурной стратификации [6, 13]. Поэтому отношение коэффициентов обмена массы и импульса в формуле (3) $\alpha_0 = k_m/k_\tau$ можно принять равным единице, и тогда показатель степени в (3) будет равен

$$w_g / (\alpha_0 \cdot \kappa \cdot u_*) = 2,5 \cdot w_g / u_* . \quad (4)$$

Авторы теории развили её для частиц размером не более нескольких мкм, подчиняющихся закону Стокса, и причиной их переноса является турбулентная диффузия. Поскольку аэрозоль монодисперсный, то w_g в (3) не изменяется с высотой.

Во время песчаных бурь размер переносимых ветром частиц изменяется с высотой. Поэтому у нас в формуле (2) w_g берется для среднего геометрического размера частиц песка x_0 на поверхности. Он, чаще всего, $> 100 \dots 120$ мкм и w_g у частиц этого размера $\geq 0,8 \dots 1$ м/с. Крупные частицы > 70 мкм переносятся ветром в приповерхностном слое сальтации ниже 0,5 м. В турбулентном диффузионном перемещении выше слоя сальтации участвуют уже лишь частицы размером преимущественно $\leq 60 \dots 70$ мкм. У них w_g значительно меньше, чем у частиц поверхностного слоя песка и достигает значений 0,2...0,4 м/с. Поэтому, отношение показателя степени для профиля объемной концентрации Баренблатта-Голицына по (3), в которой $w_g = 0,2$ м/с, к показателю степени формулы (2), в которой $w_g = 0,8$ м/с, близко к единице.

Таким образом, наши исследования профилей твердого расхода песка в приземном слое атмосферы при бурях подтверждают результаты теории Баренблатта-Голицына, полученные ими для стационарного турбулентного течения термически стратифицированной пылегазовой суспензии [3, 18]. Это позволяет распространить полученные экспериментально физические закономерности песчаных бурь на ветровые потоки с более мелкими частицами.

Получим оценки профилей твердого расхода массы алевритовых частиц в ветровом потоке, общий расход массы твердой фазы во всей толще приземного слоя атмосферы и вынесенную за пределы контуров источников массу алевритовых частиц, которые после окончания бури выпали на поверхность региона Приаралья.

По формуле (2) рассчитаем вертикальные профили твердого расхода массы частиц в приземном слое атмосферы для динамической скорости потока $u_* = 0,8$ м/с, которая наблюдалась продолжительное время на большей части площади источников 7 мая. Для её использования необходимо знать ещё два параметра: w_g и q_1 . Ниже приведены значения скоро-

сти свободного падения частиц w_g для частиц различного размера с плотностью $2,65 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ [6, 13]

x_0 , мкм	120	100	50	40	35	30	20	10
w_g , см/с	96	76	19,9	12,7	9,7	7,1	3,2	0,8

Последней, необходимой величиной является твердый расход q_1 на одном из уровней z_1 . При отсутствии измеренных значений q_1 , можно воспользоваться для его определения полученной нами зависимостью твердого расхода песка на высоте 1 м от динамического аналога числа Фруда

$$q_1 = 1,09 \cdot 10^{-9} \cdot Fr_*^{2,42}, \quad (5)$$

где Fr_* – динамический аналог числа Фруда: $Fr_* = u_*^2 / (g \cdot x_0)$. Здесь g – ускорение силы тяжести. Используя (4), можно получить твердый расход на высоте одного метра q_1 в широком интервале скоростей ветра от 6 до 20 м/с [6, 13].

Таким образом, можно описать профиль твердого расхода песка $q(z)$ в пределах приземного слоя атмосферы или рассчитать его значение для нужных уровней, имея лишь стандартную метеорологическую информацию о скорости ветра и зная средний геометрический размер частиц на деятельной поверхности. На рис. 12 представлены результаты вычислений профилей твердого расхода массы алевритовых частиц в пределах приземного слоя атмосферы при динамической скорости $u_* = 0,8$ м/с (кривые 4 и 5). Здесь же приведены результаты измерений $q(z)$ во время песчаных бурь 1984 г. для значений $u_* = 0,6$ и $0,65$ м/с над поверхностью, сложенной из частиц со средним геометрическим размером $x_0 = 120$ мкм и $\sigma_{\lg x} = 0,11$ (кривые 1 и 2), и рассчитанный профиль для $u_* = 0,8$ м/с (кривая 3). На рисунке хорошо видно различие в переносе частиц в приземном слое атмосферы во время пыльных и песчаных бурь.

Первые два профиля $q(z)$ получены нами во время песчано-солевой бури 12.06.1984 г. На рисунке видно хорошее согласование измеренных значений твердого расхода с аппроксимирующими степенными функциями (2). Кривая (3) рассчитана для той же динамической скорости потока, которая характерна для бури 7.05.2007 г. над новыми алевритовыми поверхностями дна Арала.

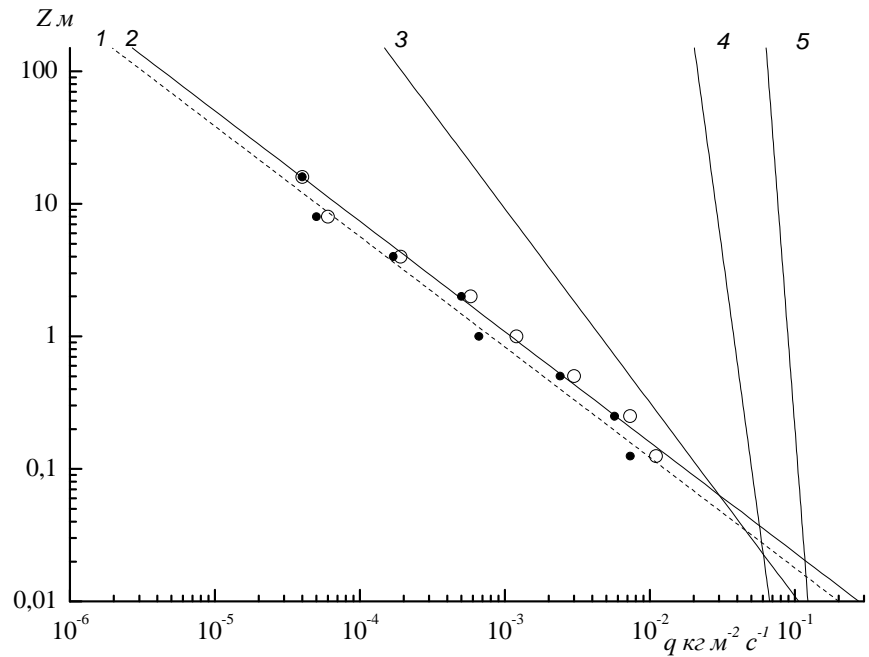


Рис. 12. Вертикальные профили твердого расхода песка над поверхностью со средним геометрическим размером песчинок $x_0 = 120$ мкм при динамической скорости $u_* = 0,60$ м/с (1), $u_* = 0,65$ м/с (2), $u_* = 0,8$ м/с (3) и алевритовых частиц во время бури при $u_* = 0,8$ м/с с $x_0 = 50$ мкм (4), $x_0 = 35$ мкм (5).

Все пять профилей твердого расхода экстраполированы до верхней границы приземного слоя атмосферы, которая достигает при этих скоростях высоты $h = 160...170$ м [13]. Каковы же различия в переносе гигантских аэрозолей во время песчано-солевых бурь от поведения аэрозоля алевритового происхождения при пылевых бурях? Обращает на себя внимание значительно более быстрое падение с высотой переноса массы потока во время песчаной бури, по сравнению с бурей над алевритовой поверхностью дна Арала. Твердый расход массы частиц на высоте 150 м над песчаной поверхностью уменьшается по сравнению с расходом на уровне 0,1 м при $u_* = 0,60$ м/с в ≈ 5000 раз, при $u_* = 0,65$ м/с – в ≈ 4300 раз, при $u_* = 0,8$ м/с – в 130 раз.

Над алевритовой поверхностью это отношение значительно меньше, при $u_* = 0,8$ м/с и $x_0 = 50$ мкм расход массы уменьшается в этом слое всего лишь в 2,4 раза, для $x_0 = 35$ мкм – в 1,75 раза. Таким образом, более

мелкие частицы заполняют весь приземный слой с мало изменяющейся с высотой переноса концентрацией. И это характерно не только для больших скоростей ветра. Расчеты для $u_* = 0,3$ м/с показали, что и при умеренных скоростях ветра, когда над песчаной поверхностью перенос частиц происходит в виде поземки, над алевритовыми поверхностями наблюдается пыльная буря с заполнением всей толщи приземного слоя атмосферы с изменением отношения расходов твердой фазы потока $\frac{q(0,1 м)}{q(150 м)}$ от ≈ 4

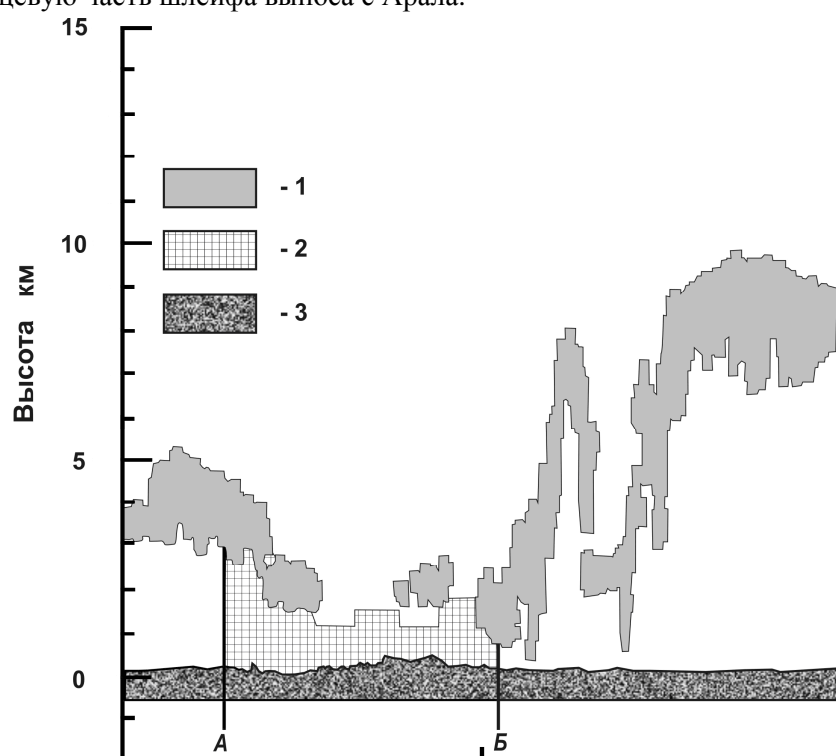
над поверхностью с $x_0 = 35$ мкм до ≈ 20 – над $x_0 = 50$ мкм. Это означает, что дефляция новых осушенных территорий должна была привести к увеличению числа пыле-солевых бурь и увеличению дальности выноса Аральского аэрозоля, что и подтверждается космическими снимками этого региона после 2000 г.

Современные космические аппараты позволяют исследовать распространение аэрозольных потоков при бурях. Одним из таких спутников является CALIPSO, который входит в орбитальную группировку полярных спутников A-Train, включающих AQUA, AURAa, (CNES) PARASOL и CloudSat. Он позволяет получить уникальную информацию о вертикальной структуре облаков и распределения аэрозоля в атмосфере, как минерального, так и промышленного происхождения. CALIPSO – американо-французский исследовательский спутник, запущенный 28 апреля 2006 г. и расшифровывается как Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation. Над одной и той же территорией земной поверхности CALIPSO пролетает на 2 мин 45 сек позже AQUA, т.е. мы имеем практически синхронные данные с двух космических аппаратов.

На спутнике CALIPSO установлены следующие инструменты: CALIOP (Cloud-Aerosol Lidar with Orthogonal Polarization) – лидар для наблюдения облаков и аэрозолей. В качестве источника излучения используется импульсный лазер, работающий в зеленом диапазоне спектра. Он может измерять высоту облаков и аэрозольных слоев с точностью до 30 м. Прибор предназначен для получения вертикальных профилей упругого рассеяния от облачного слоя в различное время суток, а также для описания распределения в нём водяных паров, аэрозолей и пыли. Он обладает высокой чувствительностью, позволяющей исследовать так называемые «невидимые облака»; IIR (Imaging Infrared Radiometer) – инфракрасный радиометр, предназначенный для измерения уровня излучения в различных

диапазонах ИК-спектра; WFC (Wide-Field Camera) – широкоугольная камера высокого разрешения.

На рис. 13 показан фрагмент вертикального профиля облачности и аэрозольного слоя, полученный со спутника CALIPSO при пролете его над территорией Аральского региона 7 мая 2007 г. в 8:40 СГВ, а на рис. 14 – космический снимок пыльной бури со спутника AQUA, выполненный в то же время. На этом рисунке так же показана проекция траектории пролета спутника CALIPSO. Направление движения спутников – с юга на север с азимутом 345°. Длина участка траектории (АБ), на котором отмечено содержание аэрозоля составляет 620 км, начинается этот участок в районе г. Туркестана и заканчивается севернее западных отрогов гор Улутаяу. Расстояние от источника пыли до проекции траектории на земную поверхность составляет по нормали 460 км. Лидар CALIPSO зафиксировал уже концевую часть шлейфа выноса с Арала.



Широта	42,92	48,94	54,91
Долгота	68,04	65,81	63,08

Рис. 13. Фрагмент профиля вертикального зондирования атмосферы со спутника CALIPSO 7 мая 2007 г. 8:40 СГВ.

1 – облака, 2 – аэрозоль, 3 – подстилающая поверхность. АБ – участок траектории с аэрозольным загрязнением на рис. 7.

Высота аэрозольного слоя составляет 1,2...1,5 км, на юге она достигает 3 км, что связано, по-видимому, с восходящими потоками воздуха под кучевыми облаками над горами Каратау. Информация с CALIPSO подтверждает, что над равнинными районами аэрозольный слой, сформированный пыльной бурей, не превышает верхней границы пограничного слоя атмосферы. Над горами высота аэрозольного слоя увеличивается из-за развития мощных вертикальных движений в потоке воздуха.

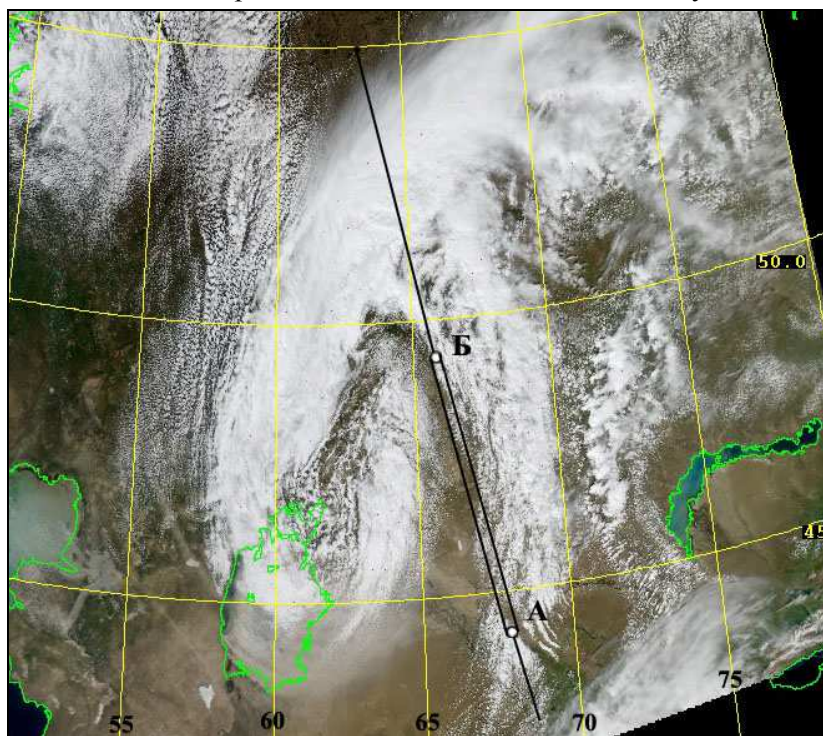


Рис. 14. Пыльная буря 7 мая 2007 г. 8:36 СГВ. Линией обозначена траектория спутника CALIPSO. АБ – участок, на котором отмечено содержание пыли (см. рис. 13).

Для определения источника массы алевритовых частиц, вынесенной за пределы контура, необходимо знать полный расход твердой фазы потока $Q_z = \int_0^H q(z) dz$, т.е. всю массу частиц, переносимую ветром за единицу времени в слое высотой от поверхности ($z = 0$) до верхней границы аэрозольного слоя ($z = H$) через единицу фронта потока (м).

Измерения с CALIPSO подтверждают ранее выполненные исследования украинских метеорологов. Анализ авиационного зондирования нижних слоев тропосферы во время сильных пыльных бурь на Украине

Волевахой с соавторами [5] обнаружил существование инверсий температуры на верхней границе пограничного слоя атмосферы, препятствующих проникновению пыли выше этого запирающего слоя. Под этим слоем происходит формирование струйных течений с большими скоростями потока. Это позволяет предположить, что верхняя граница подъема пыли во время исследуемой бури не превышала высоты пограничного слоя атмосферы, которая, как известно, приближенно равна десяти высотам приземного слоя, т.е. можно принять $H = 10h \approx 1,5$ км для динамических скоростей u_* в интервале значений 0,6...0,8 м/с.

Как известно, изменение с высотой турбулентного обмена выше приземного слоя атмосферы в пределах планетарного пограничного слоя атмосферы происходит по другому закону. Поэтому мы не можем с уверенностью экстраполировать полученные профили $q(z)$ выше 150...170 м. Но другого выхода у нас нет – $q(z)$ выше приземного слоя никто не исследовал.

Представленные на рис. 7 вертикальные профили твердого расхода аппроксимируются следующими функциями:

$$q(z) = 0,0008 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{-1,14} \quad \text{для } u_* = 0,6 \text{ м/с и } x_0 = 120 \text{ мкм}, \quad (6)$$

$$q(z) = 0,0011 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{-1,2} \quad \text{для } u_* = 0,65 \text{ м/с и } x_0 = 120 \text{ мкм}, \quad (7)$$

$$q(z) = 0,00455 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{-0,684} \quad \text{для } u_* = 0,8 \text{ м/с и } x_0 = 120 \text{ мкм}, \quad (8)$$

$$q(z) = 0,09 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{-0,07} \quad \text{для } u_* = 0,8 \text{ м/с и } x_0 = 35 \text{ мкм}, \quad (9)$$

$$q(z) = 0,037 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{-0,145} \quad \text{для } u_* = 0,8 \text{ м/с и } x_0 = 50 \text{ мкм}, \quad (10)$$

К этим уравнениям профилей $q(z)$ запишем ещё одно для небольших значений динамической скорости $u_* = 0,3$ м/с при переносе ветром массы алевритовых грунтов с $x_0 = 50$ мкм:

$$q(z) = 0,00136 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{-0,184} \quad (11)$$

Для получения общего расхода масс переносимых ветром частиц было выполнено численное интегрирование этих функций в слоях 0,01...150 м и 0,01...1500 м, что позволило получить оценку переносимой массы частиц и в слое 150...1500 м как над песчаными, так и алевритовыми поверхностями. Результаты интегрирования уравнений (6)...(11) представлены в таблице.

Таблица

Интегральное содержание массы частиц в различных слоях пограничного

$$\text{слоя атмосферы } Q_z = \int_{z_1}^{z_2} q(z) dz, \text{ кг}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$$

Уравнение $q(z)$	Динамическая скорость u_* , м/с	Общий расход в слое, кг·м ⁻¹ ·с ⁻¹		Общий расход в слое 150...1500 м, кг·м ⁻¹ ·с ⁻¹
		0,01...1500 м	0,01...150 м	
Песчаная поверхность $x_0 = 120$ мкм, $\sigma_{lg,x} = 0,11$				
6	0,6	0,0802	0,013	0,0672
7	0,65	0,143	0,021	0,122
8	0,80	0,1858	0,0692	0,1166
Алевритовая поверхность $x_0 = 35$ мкм, $\sigma_{lg,x} = 0,27$				
9	0,80	87,01	10,22	76,79
Алевритовая поверхность $x_0 = 50$ мкм, $\sigma_{lg,x} = 0,23$				
10	0,80	22,49	3,14	19,35
11	0,30	0,6515	0,0994	0,5521

Рассмотрим количественные различия переноса масс песчаных частиц в пограничном и приземном слоях от более мелкодисперсного алевритового аэрозоля. Анализ полученных результатов указывает на более интенсивный перенос массы алевритовых частиц ветром во время пыльных бурь, по сравнению с аналогичным процессом над песчаными поверхностями.

При одинаковой динамической скорости $u_* = 0,8$ м/с общий расход массы у частиц с $x_0 = 35$ мкм превышает в приземном слое (0,01...150 м) расход массы частиц с $x_0 = 50$ мкм в 3,2 раза, в пограничном слое атмосферы (0,01...1500 м) – в 3,9 раза и, наконец, в слое 150...1500 м – в 4 раза.

Для алевритов характерен перенос значительно большей массы частиц выше приземного слоя атмосферы и быстрое заполнение всего пограничного слоя атмосферы (рис. 15). Ещё одна особенность процесса дефляции алевритовых поверхностей заключается в том, что ветровой перенос над ними происходит только в виде пыльных бурь, так как и при небольших скоростях ветра мелкие аэрозоли также заполняют весь приземный и пограничный слои атмосферы. Это хорошо видно по результатам вычислений для $u_* = 0,30$ м/с. Над песчаными же поверхностями при этом значении u_* частицы перемещаются только в приповерхностном слое ниже 2 м, т.е. перенос идет в виде поземка.



Рис. 15. Снимок надвигающейся пыльной бури (geo.1september.ru).

На взвешивание крупных частиц песка и перенос их из приповерхностного слоя сальтации в верхние слои приземного и пограничного слоя атмосферы затрачивается больше турбулентной энергии потока, чем на более мелкие частицы алевритов. Это приводит к значительному увеличению общего расхода массы алевритовых частиц при одинаковых скоростях ветра. В приземном слое при $u_* = 0,8$ м/с общий расход массы над песчаной поверхностью в 150 раз меньше его значения над алевритовой поверхностью с $x_0 = 35$ мкм и в 45 раз – над алевритовой поверхностью с $x_0 = 50$ мкм. Выше приземного слоя переносимая масса частиц над песчаным источником в 640 и 160 раз соответственно меньше, чем над алеври-

тами. Для всего пограничного слоя это различие несколько меньше: 450 раз – для $x_0 = 35$ мкм и 120 раз – для $x_0 = 50$ мкм.

Полученные в экспедициях 1980...1998 гг. массивы общих расходов песка позволили найти его зависимость от числа Фруда:

$$Q_z = f(u_*^2 / gx_0),$$

где g – ускорение свободного падения; x_0 – средний геометрический размер частиц песка на деятельной поверхности [13].

Зависимость Q_z от u_* рассматривалась и рассматривается на Западе в качестве детерминированной, начиная с классических исследований Багнольда. Анализ полученных нами больших массивов значений общего расхода песка во время бурь показал, что эта зависимость имеет стохастический характер. И это понятно, так как Q_z зависит не только от u_* , но и от большого числа других параметров. Для климатических расчетов были получены зависимости различной накопленной вероятности (обеспеченности) [13]. В своих расчетах мы воспользовались зависимостью 50-ти процентной обеспеченности

$$\overline{Q_z} = Q_{z50\%} = 2 \cdot 10^{-7} [u_*^2 / (g \cdot x_0)]^2, \quad (14)$$

определив общий расход массы частиц, можно рассчитать переносимую ветром массу за бурю через фронт переноса шириной один метр

$$M = \int_0^{\tau} Q_z(t) dt.$$

Ввиду отсутствия непрерывного математического описания функции общего расхода песка во время бури, будем определять перемещаемую массу песка за бурю M длительностью τ не интегрированием по времени непрерывной функции $Q_z(t)$, а рассчитывать за дискретные интервалы времени. Длительность продолжительной бури τ можно представить в виде суммы временных интервалов $\tau = \sum_{i=1}^n \Delta t_i$, где n – число интервалов времени Δt_i в течение которых u_* может быть принята постоянной величиной. Тогда перенесенную за бурю массу песка можно рассчитать по формуле

$$M = \sum_{i=1}^n Q_{zi} \cdot \Delta t_i, \quad (15)$$

где Q_{zi} – общий расход песка в i -й интервал времени. Для вычислений мы воспользовались средней из трех кривых изменения u_* во время бури 6...7 мая на рис. 11, представив её в виде гистограммы. Результаты расчетов приведены ниже

Размер частиц x_0 , мкм	Вынесенная масса частиц из источника через фронт переноса один км, тыс. т·км ⁻¹	Вынесенная масса частиц из источника через фронт переноса 200 км, млн. т
35	81,86	16,372
50	40,11	8,022

Полученные массы выноса алевритового аэрозоля только за одну длительную сильную бурю поражают своими масштабами. Они намного превышают массы выноса песчано-солевого аэрозоля во время песчаных бурь, наблюдавшимися в 70-е годы прошлого столетия.

В монографии [6] приведены оценки переноса масс песка для наиболее сильной песчаной бури в изучаемом регионе, которая была 21...22 апреля 1974 г. На М Аральское Море она продолжалась 31,1 ч при скорости ветра 12...24 м/с. За это время воздушный поток перенес до 100 тыс. т/км песка с максимальным общим расходом 6 кг/(м·с). Фронт переноса этой бури неизвестен, поэтому вся масса вынесенных частиц не определена. На станциях Баян и Уялы эта буря наблюдалась лишь 21 апреля. Максимальный общий расход здесь достигал меньших значений – 1 и 1,5 кг/(м·с) соответственно. В районе М Баян масса песка, перенесенного ветром за эту бурю, могла достичь 9200 т/км, на М Уялы – 19000 т/км. Эти уменьшенные расходы массы песка указывают на значительно меньший масштаб интенсивного фронта переноса. На всех трех станциях был отмечен перенос песка в направлении на северо-восток, что указывает на близость синоптической ситуации к рассмотренной нами бури. Пыльные бури такого масштаба и интенсивности – сравнительно редкое явление в этом регионе.

Оценки для пылевых выносов массы аэрозоля, зафиксированных над Аральским морем 22 мая 1975 г. с ИСЗ «Метеор-18» и 6 мая 1979 г. с ИСЗ «Метеор-29» были сделаны Григорьевым и Липатовым [7]. Горизонтальные размеры пылевых образований определялись по ТВ изображениям. Полученная авторами масса пыли в столбе атмосферы основанием в 1 км² составила 27 мая около 20 т, а 6 мая – около 60 т. Общая масса этих пылевых образований в момент их обнаружения со спутников достигала соответственно 240 тыс. т и 1,5 млн. т. Сравнение показывает, что масса

выноса с алевритовых отложений во время пыле-солевой бури 6...7 мая 2007 г. превышала их в 5...10 раз.

Заключение

Эоловые процессы являются результатом взаимодействия воздушных потоков с подстилающей поверхностью. Поэтому песчаные и пыльные бури являются функцией большого числа параметров, которые можно разделить на две группы, характеризующие, соответственно, состояние приземного слоя атмосферы и поверхностного слоя грунта. Это диктует необходимость изучения дисперсного и солевого состава донных отложений, создания математической модели источника выноса ветром солевого и пылевого аэрозоля во время бурь, моделей строения пограничного слоя атмосферы и взаимодействия ветропесчаного потока, набегающего на алевритовые поверхности. Проведение метеорологических измерений во время пыле-солевых бурь на новых осушенных территориях дна Арала с участием человека маловероятно, поэтому следует предусмотреть установку автоматических станций в источнике бурь. Необходимо проведение экспедиционных исследований дисперсного состава алевритов в виду неопределенности полученных нами результатов вычислений при априорном задании функции распределений частиц по размерам источника выноса аэрозоля. Как видим, перед исследователями стоят очень сложные задачи, для решения которых потребуется значительное время и вложение больших инвестиций в проекты научных исследований.

Действие в этом регионе источника выноса аэрозолей не только от песчано-солевых, но и от значительно более мощного – пыле-солевых бурь, приносящих мелкодисперсные частицы на окружающие территории, оказывает и будет в дальнейшем оказывать негативное воздействие на здоровье людей, природу, технику и хозяйственную деятельность. Дальность выноса этих более мелких частиц значительно увеличилась и достигает 600...800 км. Значительно возросла и выносимая масса частиц твердой фазы во время бурь – не менее чем на один – два порядка значения величины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья / Под ред. И.И. Скоцеляса – СПб.: Гидрометеиздат, 1995. – 270 с.
2. Ахлестина Е.Ф., Малышев В.В., Иванов А.В. Нефтегазаносная терригенная формация палеогена юго-востока Русской плиты // Геология нефти и газа. – 2001. – № 4. – 9 с.

3. Баренблатт Г.И., Голицын Г.С. Локальная структура развитых пыльных бурь. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 44 с.
4. Бродская Н.Г. Осадкообразование в озерах засушливой зоны СССР. Аральское озеро-море // В кн. Образование осадков в современных водоемах – М.: Изд-во АН СССР.– 1954. – С. 237-282.
5. Волеваха В.А., Бабенко В.И., Ганюгина Н.Ф. О состоянии нижней тропосферы во время сильных пыльных бурь на Украине // Тр. УкрНИГМИ. – 1977. – Вып. 160. – С. 47-58.
6. Гидрометеорологические проблемы Приаралья. / Под ред. Г.Н. Чичасова. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 276 с.
7. Григорьев А.А., Липатов В.Б. Распространение пылевых загрязнений в Приаралье по наблюдениям из космоса // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1983. – № 4. – С. 73-77
8. Кравцова В.И. Деградация Арала и прилегающих территорий: особые явления, наблюдаемые по космическим снимкам / Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе. // Тр. Международной науч. конференции, Москва 19 – 20 октября 2006. – С. 55-60.
9. Орлова М.А. Роль эолового фактора в солевом режиме территорий. – Алма-Ата: изд-во «Наука КазССР», 1983. – 230 с.
10. Петренко Н.В. О влиянии меридиональных горных хребтов на эволюцию циклонов. // Труды ЦИП. – 1948.– Вып. 7(34). – С. 88-160.
11. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть I. – Л.: Гидрометиздат, 1986. – 702 с.
12. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть II. – Л.: Гидрометиздат, 1965. – 492 с.
13. Семенов О.Е. Введение в экспериментальную метеорологию и климатологию песчаных бурь. – Алматы: 2011. – 580 с.
14. Семенов О.Е., Шапов А.П. Геоморфологические условия развития дефляционных процессов и дисперсный состав песков Восточного Приаралья // Гидрометеорология и экология. – 1995. – № 4 – С. 76-98.
15. Синоптические процессы Средней Азии / В.А. Бугаев и др. – Ташкент: Изд. АН Узбекской ССР. – 1957. – 464 с.
16. Чередниченко А.В. Синоптическая ситуация, предшествующая пыльной буре 7 мая 2007 г. в районе Аральского моря. // Гидрометеорология и экология. – 2012. – № 1 – С. 41-57.
17. Экономическая оценка локальных и совместных мер по сокращению социально-экономического ущерба в зоне Приаралья. / Проект INTAS – Арал – 2000 – 1059. – Отчет, 2004. – 153 с.

18. Barenblatt G.I., Golitsyn G.S. Local structure of Matyre Dust Storms // J. of the Atmospheric Sciences. – 1974. – Vol. 31. – № 7.– P. 1917-1933.
19. Chakrit Chotamonsak, Eric P. Salathé Jr, Jiemjai Kreasuwan, Somporn Chantara, Kingkeo Siritwitayakorn. Projected climate change over Southeast Asia simulated using a WRF regional climate model. // Atmospheric Science Letters. – 2011. – vol. 12.– Issue 2, April/June. – P. 213-219.
20. Hai Bian, Xuexi Tie., Junji Cao, Zhuming Ying, Suqin Han, Yong Xue. Analysis of a Severe Dust Storm Event over China: Application of the WRF-Dust Model // Aerosol and Air Quality Research. – 2011. –Vol. 11. – P. 419-428.

Поступила 24.04.2012

	И.В. Каипов
Физ.-мат. ғылымд. канд.	О.Е. Семенов
Геогр. ғылымд. докторы	А.В. Чередниченко
	А.П. Шапов

**ҚҰРҒАҒАН ҮЛКЕН АРАЛ ТҮБІНІҢ АЛЕВРИТТІК
БӨЛШЕКТЕРІНІҢ ШЫҒАРЫЛУ САЛМАҒЫН ҚАШЫҚТЫҚТАҒЫ
СПУТНИКТІК БАРЛАУ ЖӘНЕ ҮЛКЕН МАШТАБТЫ
ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛІ МӘЛІМЕТТЕРІМЕН БАҒАЛАУ**

Үлкен Аралдың құрғаған бөлігі түбінің алевриттік бөлшектерінің шығарылу салмағын космостық мәліметтерді қолдану арқылы кешенді бағалау әдістемесі жасалды. Құрғаған жерлердегі метеостанциялардың жоқтығын үлкен масштабты гидродинамикалық WRF моделі бойынша қысым алаңдарын, жел жылдамдығын және динамикалық жылдамдықты есептеу арқылы толтырылды. Алевриттік бөлшектердің априори өлшемдері бойынша үлестірілімі орташа геометриялық өлшеммен логарифмдік орташа функциясында берілген: есептеудің бірінші түрі – $x_0 = 50$ мкм, $\sigma_{\lg x} = 0,23$ және екінші түрі үшін $x_0 = 35$ мкм, $\sigma_{\lg x} = 0,27$. 2007 жылдың 7 мамырындағы күшті дауыл үшін 170 м биіктіктегі жер бетіндегі атмосфера қабатындағы қатты ағынның тік профилі, осы қабаттағы және атмосфераның шекаралық қабатындағы салмақтың жалпы ағымы есептелді. Дауылдан шығарылған аэрозол салмағы тиесілі бөлшек өлшемдері үшін 8 және 19,4 млн. т жетті.

УДК 551.515.8.515.3

Доктор геогр. наук

В.С. Чередниченко *

Доктор геогр. наук

А.В. Чередниченко **

Канд. геогр. наук

Алексей В. Чередниченко **

**СИНОПТИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ, ПРЕДШЕСТВУЮЩАЯ
ПЫЛЬНОЙ БУРЕ 7 МАЯ 2007 Г. В РАЙОНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ***ПЫЛЬНАЯ БУРЯ, ЗАПАДНЫЙ ПРОЦЕСС, БАРИЧЕСКИЕ
ОБРАЗОВАНИЯ, ВЫСОТНЫЙ ГРЕБЕНЬ, ЛОЖБИНА, ГРАДИЕНТ
ДАВЛЕНИЯ, АТМОСФЕРНЫЙ ФРОНТ, СИНОПТИЧЕСКИЕ
КАРТЫ*

Показано, что образование пыльной бури произошло в результате усиления меридиональности в Западном типе синоптического процесса, сопровождающегося адвекцией тепла на район Северного Каспия и Арала. Это привело к сближению двух барических образований антициклона западнее Каспия и циклона восточнее Арала и появлению больших градиентов давления в регионе. Не малую роль в этом процессе сыграли предшествующие условия: глубокое просыхание грунта, отсутствие осадков и в целом отсутствие растительного покрова.

Как правило, для прогнозирования опасного явления в будущем, необходимо детально изучить явление в настоящем. Пыльные бури не являются в этом правиле исключением. Стоит отметить тот факт, что для таких явлений важно знать не только условия, при которых оно уже наблюдается или возможно, но и совокупность критериев, которые привели к его образованию. Здесь большую роль может сыграть сезон года, продолжительность наблюдаемых высоких температур, отсутствие осадков, состояние поверхности почвы и ряд других факторов, которые оказывают косвенное воздействие и на первый взгляд не могут влиять на процесс. Это, например, продолжительность залегания и высота снежного покрова, количество и площадь степных пожаров в предшествующем году и прочее.

Для описания пыльной бури, наблюдавшейся на оголившемся дне южной части Аральского моря 7 мая 2007 г., авторами использовались

* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

** КазНИИЭК, г. Алматы

следующие материалы: приземные карты погоды, карты барической топографии АТ-850, АТ-700, АТ-500 гПа, относительной барической топографии OT_{1000}^{500} за 4, 5, 6 и 7 мая в сроки 00 ч и 12 ч среднего гринвичского времени (СГВ). Кроме перечисленного материала, была использована информация «ретро анализа», восстановленная за указанный период с помощью программы WRF Preprocessing System.

Рассмотрим синоптическую ситуацию за период с 4 по 7 мая 2007 года. На карте АТ-500, можно видеть, что над Европейской территорией России (ЕТР), Западным Казахстаном располагается обширная ложбина, от циклона, центр которого расположен в районе Таймыра (рис. 1).

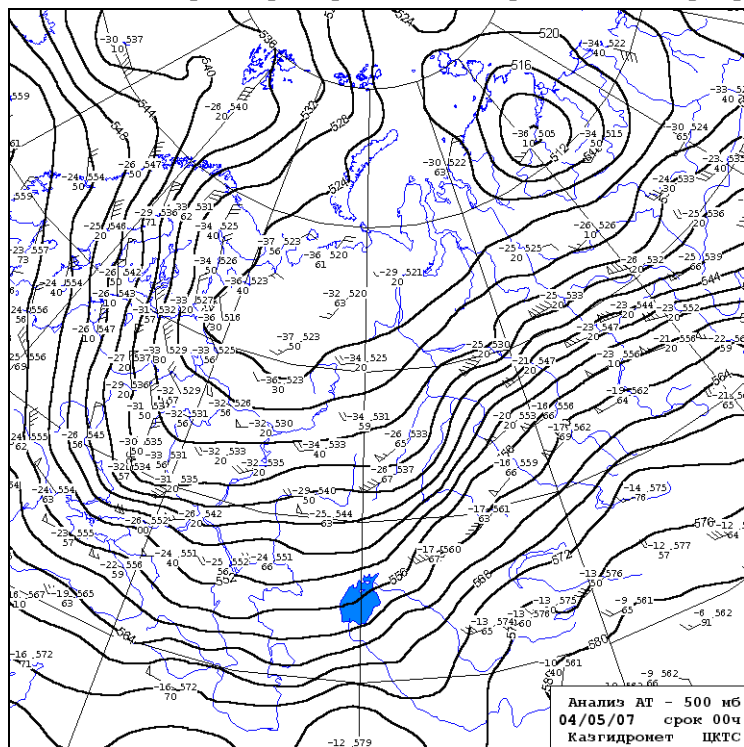


Рис. 1. Карта АТ-500 гПа погоды за 04.05.2007 г. Срок 00 ч.

Полярная высотная фронтальная зона (ПВФЗ), огибающая эту ложбину, проходила через центральные районы Скандинавии к югу практически до Черного моря, затем поворачивала к востоку, до меридиана Аральского моря, примерно вдоль 50 широты, затем снова сгущаясь, поворачивает к северо-востоку, через западную Сибирь. В полосе от восточной оконечности Черного моря до меридиана Аральского моря, изогипсы уровня АТ-500 разрежены, и можно предположить, что здесь в настоящее

время и в будущем возможна активная циклоническая деятельность. Изогипсы над районом северного Кавказа и над районом Каспия напоминают по форме дельту.

Согласно типизации среднеазиатских метеорологов такая форма барического поля соответствует западному типу синоптического процесса, подтип 3 (или В) [4]. Такое вторжение еще называют холодным, подчеркивая этим, что с ним не связаны значительные осадки.

На уровне АТ-700, имела место область низкого давления, над западной Европой, расположенная над Средиземным морем, южнее Франции, а гребень высокого давления – через Балканы на северные районы Европы. Это говорит о том, что процессы над Западной Европой находились в стадии перестройки и это повлияло на процессы, над ЕТР и Западным Казахстаном.

Сильные ветры в полосе ПВФЗ имели место над западной Сибирью, здесь они достигали 20...27 м/с, а над севером ЕТР – около 20 м/с. Что же касается полосы от Черного моря до центральных районов Казахстана, то изогипсы здесь разрежены и скорость ветра на уровне 700 гПа составляет всего 7...12 м/с.

На уровне АТ-850 гПа, все еще хорошо прослеживается ложбина над ЕТР и западной Сибирью. В той части ложбины, которая ориентирована на ЕТР, несколько севернее широты 50° сформировалась самостоятельная область, со значением геопотенциала 1340 гПа. Изогипсы в промежутке от Черного моря до центральных районов Казахстана, разрежены и, можно сказать, что неширокие гребни, сменяются таким же неширокими меридионально ориентированными ложбинами.

Согласно карте OT_{1000}^{500} , вся восточная часть ЕТР, западная Сибирь и Казахстан вплоть до юга Каспийского моря заняты холодной воздушной массой. Очевидно, что фронты проникали до широты Ашхабада, а позже – до широты Аральского моря и северной части Каспия.

Авторы [2] пишут, что при таком типе у земли «Обширный и глубокий циклон, по южной периферии, которого осуществляется западное вторжение, располагается над центром ЕТР или в бассейне средней Волги и Камы или над Свердловской областью. Циклонически изогнутые изогипсы с большим радиусом кривизны заметно сгущены на периферии этого циклона, образуя ПВФЗ». Это мы и наблюдаем.

Рассмотрим приземную карту за 00 ч 4 мая (рис. 2). Как и следовало ожидать из анализа карт барической топографии, смещение циклона

имело место значительно раньше. К 00 ч 4 мая его центр находился уже практически над западной Сибирью, а вся ЕТР занята холодной воздушной массой, сместившейся сюда в тылу холодных фронтов данного циклона и предшествующих процессов. Атмосферный фронт проходит из центральных районов Скандинавии к югу до широты Киева, Волгограда и Актюбинска, а затем меняет ориентировку на северо-восточную. Второй атмосферный фронт расположен южнее, он проходил через районы юга Каспийского моря, южнее Аральска и на север Казахстана. Фронт расположен в полосе сгущенных изотерм карты OT_{1000}^{500} , таким образом, имеется неплохое согласование между положением этого фронта и сгущением изогипс на упомянутой карте. Над северным Казахстаном и югом Западной Сибири расположен антициклон. Второй антициклон расположен над северной частью Кавказа. Циклон, с центром над севером ЕТР, является определяющим, для района исследования, ложбина от него ориентирована на юго-запад и захватывает всю центральную часть ЕТР.

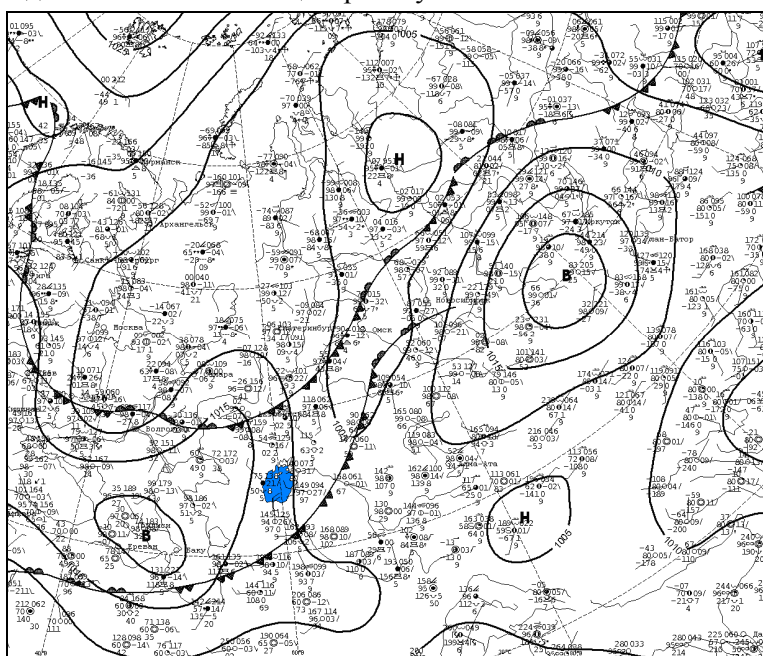


Рис. 2. Приземная карта погоды за 04.05.2007 г. Срок 00 ч.

Не трудно предположить, как будут развиваться процессы в дальнейшем [1-4]. В соответствии с положением ПВФЗ первый циклон будет смещаться с ЕТР на северо-восток, поскольку циклон находится уже в стадии заполнения, то перемещаться он будет медленно. Разрежение изогипс в южной части области холода, которая заняла всю территорию ЕТР

и север Казахстана, показывает, что здесь возможна активная циклоническая деятельность.

5 мая 2007 г. На карте АТ-500, ситуация существенно не изменилась, гребень высокого давления, который занимал всю территорию западной Европы, несколько расширился, а над центральными районами Европы просматривается самостоятельная область низкого давления, сместившаяся сюда из Средиземноморья. Это показывает на возможные процессы с северо-запада, которые будут огибать указанную область высокого давления. Также имеет место область низкого давления, которая расположена над западной частью восточной Сибири, ложбина от которой ориентирована на Европейскую часть России, а затем на район Каспийского моря. Размеры ложбины заметно уменьшились, особенно в западной и юго-западной части за счет развития гребня. Центральные и северные районы Казахстана, а также юг западной Сибири занимает гребень высокого давления (рис. 3).

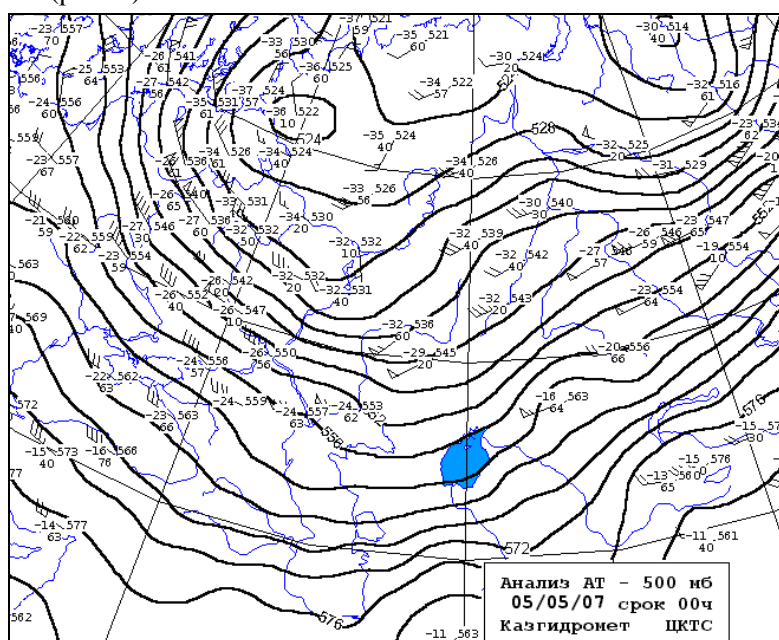


Рис. 3. Карта поверхности АТ-500 гПа. За 05.05.2007 г. Срок 00ч.

ПВФЗ распространена из районов Скандинавии на север и центральные районы ЕТР, со скоростями ветра 20...30 м/с. Далее ПВФЗ поворачивает к юго-востоку на нижнее Поволжье и Север Каспийского моря. В промежутке между Каспийским и Аральским морями, изогипсы разреже-

ны, скорости ветра на отдельных участках здесь составили 25...27 м/с. Восточнее и западнее этой территории скорости ветра несколько ниже.

В то же время восточнее и севернее Аральского моря, тоже имели место большие скорости ветра, 27 м/с (ст. Жезказган).

На уровне АТ-700, центр низкого давления расположен ниже полуострова Таймыр, над северо-западом восточной Сибири, откуда ложбина ориентирована к западу, и она хорошо просматривается над западной территорией России и Белоруссии. Она распространена также к югу в направлении Каспийского моря почти меридионально и хорошо просматривается до широты Аральского моря и даже южнее. Скорости ветра, на уровне АТ-700, над районами Аральского моря, северо-западного Казахстана были около 20 м/с.

На уровне АТ-850 гПа, узкая ложбина ориентирована из районов северо-восточной Сибири на центральные районы России и среднее течение р. Волги, имеет четкую ориентацию на север Каспийского моря (рис. 4). Южнее 50 широты ложбина расширяется. В то же время гребень над центральными и северными районами Казахстана и югом западной Сибири усилился, он стал шире и несколько сместился к северу. Скорости ветра от меридиана Каспийского моря до северных районов Казахстана составили 20...22 м/с.

Согласно карте OT_{1000}^{500} , вся восточная часть ЕТР, восточная Сибирь и вся территория Казахстана, до широты Ашхабада и Балхаша, все еще заняты холодной воздушной массой. Основные температурные градиенты расположены над южной частью Каспия и южнее Арала.

На приземной карте за 00 ч 5 мая видно, что участок фронта, который располагался от восточной части Черного моря до меридиана Центрального Казахстана, активизировался (рис. 5). В частности, здесь усилилась волновая деятельность. Восточный участок фронта существенно сместился к северу – по типу теплого фронта, а западный участок сместился к югу по типу холодного фронта. Образовалась выраженная волна, которая располагается над восточной частью территории России. Центр циклона, с которым связан атмосферный фронт, за истекшие сутки не изменил своего положения. Над северными и центральными районами Кавказа, располагается антициклон, который имеет два центра: один – над северным Кавказом, другой – над северным Казахстаном.

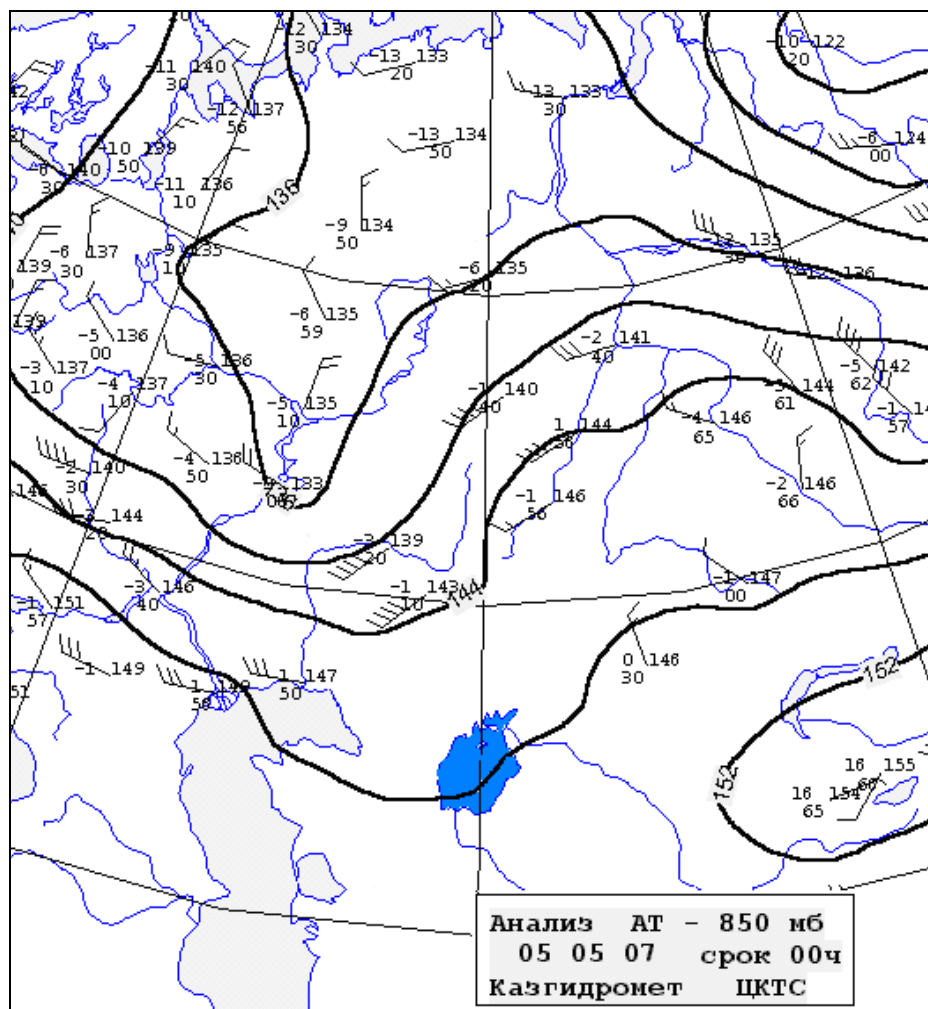


Рис. 4. Карта поверхности 850 гПа. За 05.05.2007 г. Срок 00ч.

Таким образом, районы Каспия и Арала находятся в поле высокого давления. Безоблачная сухая погода способствует интенсивному прогреву и высыханию подстилающей поверхности.

Активизация фронтальной деятельности на центральном участке фронта, указывает на начавшиеся изменения синоптического положения, этот вывод подтверждает положение ПВФЗ и положение изогипс на высотных картах барической топографии.

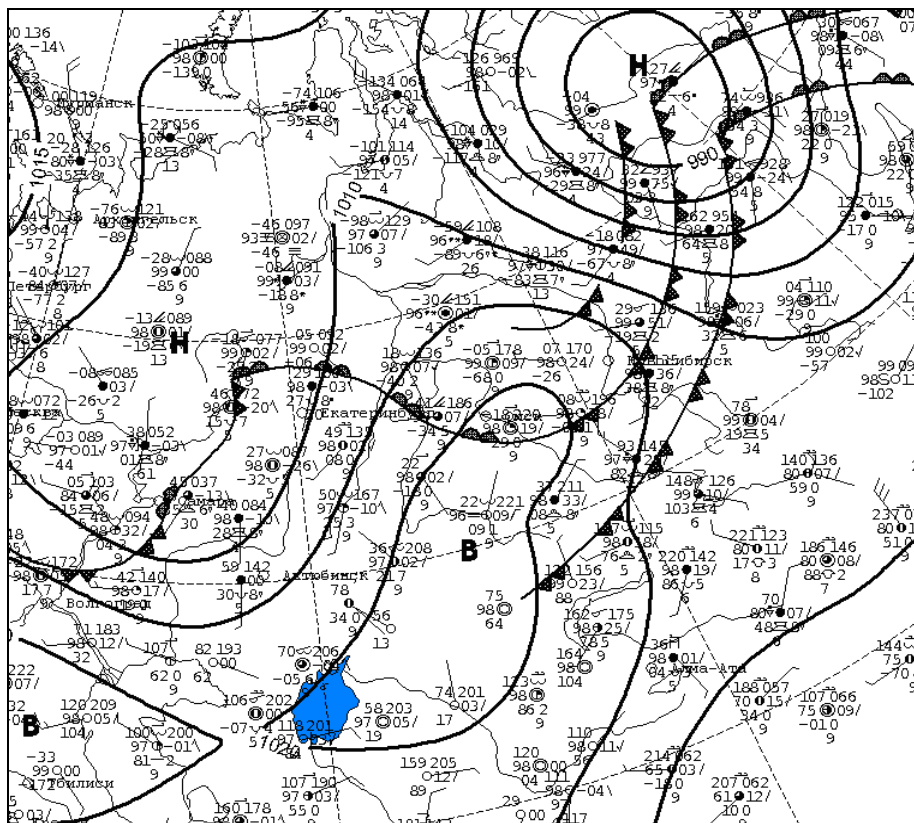


Рис. 5. Приземная карта погоды за 05.05.2007 г. Срок 00 ч.

6 мая 2007 г. На карте АТ-500 гПа, хорошо видно, что гребень над Западной Европой усилился, распространившись на Скандинавию. Ложбина, которая была ориентирована с Таймыра на запад, постепенно разворачивается против часовой стрелки и к сроку 00 ч 6 мая, ее западная часть проходит через среднее течение р. Волги, а восточная часть располагается над центральными и северными районами Казахстана (рис. 6).

Участок ПВФЗ от районов Скандинавии до юга России остался без изменений, но скорость ветра усилилась, особенно, в месте поворота ПВФЗ, к востоку. Изогипсы ПВФЗ на участке от Волгограда до Кустаная расходятся, а скорости ветра в этом месте достигают 30...35 м/с. В восточной части Арала изогипсы несколько сгущаются и ориентированы к северо-востоку. Они огибают гребень высокого давления, который расположен над северными районами Казахстана.

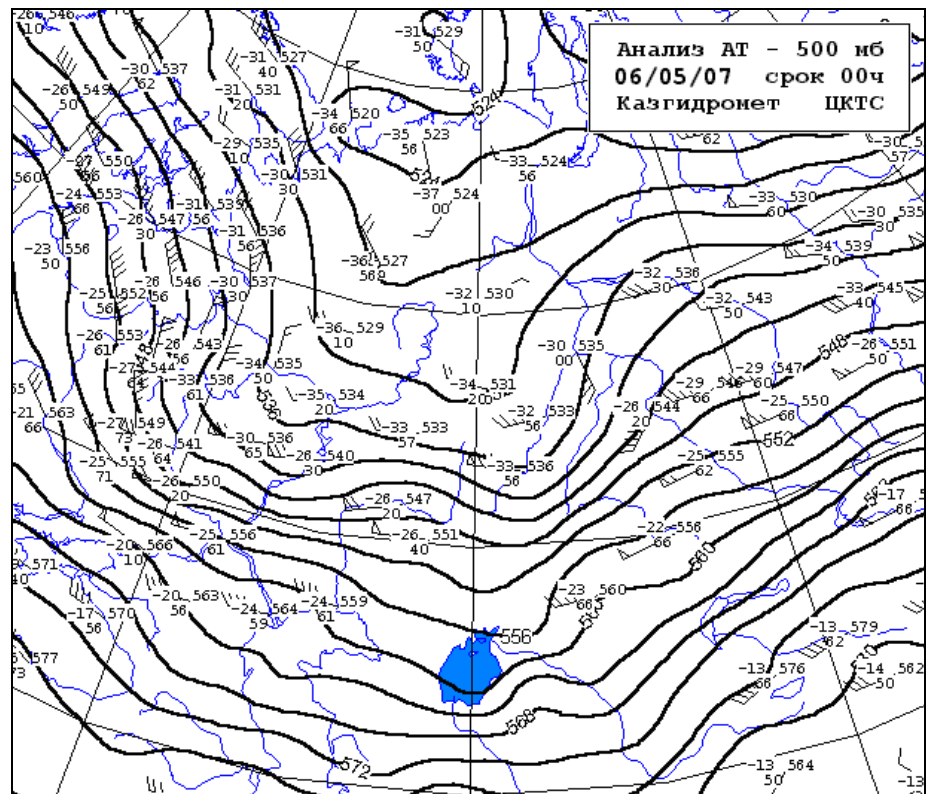


Рис. 6. Карта поверхности АТ-500 гПа. За 06.05.2007 г. Срок 00 ч.

На АТ-700 гПа, ситуация схожа с картой АТ-500, однако изогипсы здесь, местами разрежены, местами сгущены. Это говорит о том, что синоптические процессы будут меняться в ближайшее время. Большие скорости ветра имеют место только под ПВФЗ, которая ориентирована от Скандинавии на среднее течение Волги и далее на район Арала. Скорость ветра здесь превышает 20 м/с. Так же, несмотря на разрежение изогипс, достаточно большие скорости ветра (до 20 м/с) имеют место на участке от Волгограда до Кустаная.

На уровне АТ-850 гПа, имеет место узкая, хорошо выраженная ложбина, ориентированная к юго-западу от Западной Сибири. Одна часть ложбины занимает центральную часть Западной Сибири, другая ориентирована на северо-запад Казахстана. На восточной периферии ложбины наблюдается сгущение изогипс и ветры со скоростями 15...17 м/с северо-северо-восточного направления, т.е. потоки, ориентированы на район Арала. Над Казахстаном имеется разреженное поле изогипс – типа депрессии.

По данным карты OT_{1000}^{500} можно сказать, что холодный воздух по-прежнему занимает центральную часть ЕТР и западную часть Казахстана, но появились признаки проникновения теплого воздуха на север. Прежде всего, это просматривается на меридиане между Каспийским и Аральским морями, а также над центральными и северными районами Казахстана. Следовательно, надо ожидать падения давления в этом районе и быстрого смещения атмосферного фронта к югу.

На приземной карте погоды за 6 мая в срок 12 ч можно видеть, что центр заполняющегося циклона несколько сместился далее к северо-востоку от интересующего нас района и, соответственно, действие на него не оказывает. Однако, в ложбине от него, имела место волна, оформившаяся вскоре, как это видно из последующих карт погоды, в самостоятельный циклон, который и будет определять погоду в исследуемом регионе в ближайшие сутки или несколько более. Холодный участок располагался в зоне сгущённых изобар, ориентированных по нормали к фронту, т.е. имеются условия для его быстрого перемещения на район Арала. Синоптик проводит холодный участок фронта севернее Атырау. Судя, однако, по полю ветра у земли (в Атырау скорость северо-западного ветра 17 м/с), а юго-восточнее – только 3...5 м/с) фронт находится уже примерно в 100 км юго-восточнее Атырау. Максимальное падение давления 3,8 гПа/3 ч имело место у западного побережья Арала, а максимальный рост – в районе г. Уральска, 3,0 гПа/3 ч. Положение центров барических образований указывает направление перемещения участка фронта и значительную его скорость. На значительную скорость перемещения указывает и форма линии фронта. Однако прохождение этого очень активного фронта следует ожидать только 7 мая.

Внимательный анализ карты погоды за 12 ч 6 мая позволяет выявить западнее и южнее Арала участок с градиентным полем температуры, который на последующих картах выражен как фронт умеренных широт (рис. 7). Во второй половине суток 5 мая, первой – 6 мая этот фронт был слабо выражен в полях ветра и облачности. К середине суток 6 мая, однако, за счет общей активизации процессов в регионе, что нами показано выше, этот фронт тоже активизировался.

К 12 ч западнее Арала в зоне фронта преобладали ветры южного и юго-западного направлений со скоростью 5...7 м/с с усилением временами до 12 м/с за счет больших вертикальных градиентов скорости ветра в слое земля – 850 гПа и термической неустойчивости нижней тропосферы.

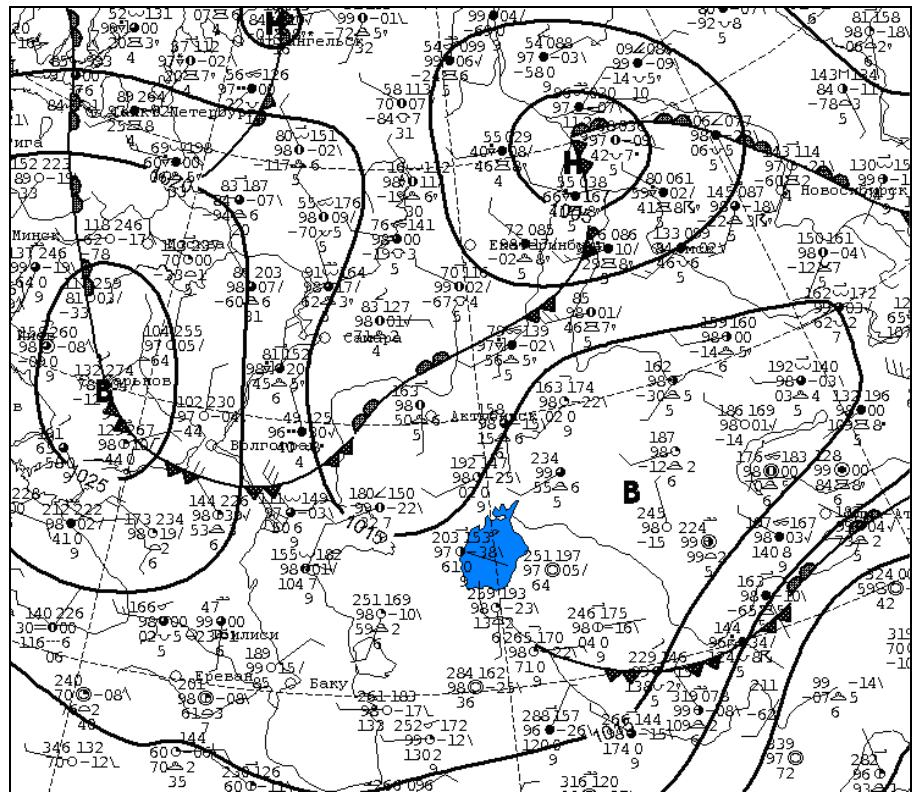


Рис. 7. Приземная карта погоды за 06.05.2007 г. Срок 12 ч.

Рассмотренные участки фронта не сопровождалась значительной облачностью и осадками. Высокие температуры и слабые ветры, по крайней мере, в первую половину дня и в предыдущие сутки, способствовали прогреву подстилающей поверхности и ее просыханию. В результате уже 6 мая имели место пыльные бури при ветре с южной составляющей.

7 мая 2007 г. Можно видеть (рис. 8), что на уровне 500 гПа над Украиной и западными районами России сформировался мощный гребень высокого давления, ориентированный с Черного моря на Скандинавию. В районе Таймыра – по-прежнему область низкого давления, ложбина от которого ориентирована сначала широтно до меридиана Новой Земли, а затем на район между Каспийским и Аральским морями. Эта ложбина достаточно узкая, изогипсы здесь сгущены, сама ложбина просматривается до юга Каспийского моря.

ПВФЗ заметно усилилась, теперь она просматривается, начиная от Англии, проходит над Скандинавией, а затем, поворачивает к юго-востоку на центральный район Каспийского моря. В этой части ПВФЗ скорость

ветра достигает 30 м/с. Над Каспийским морем ПВФЗ принимает широтное направление, изогипсы здесь несколько разрежены. Восточнее Арала ПВФЗ ориентирована на ВСВ, скорости ветра здесь 17...20 м/с.

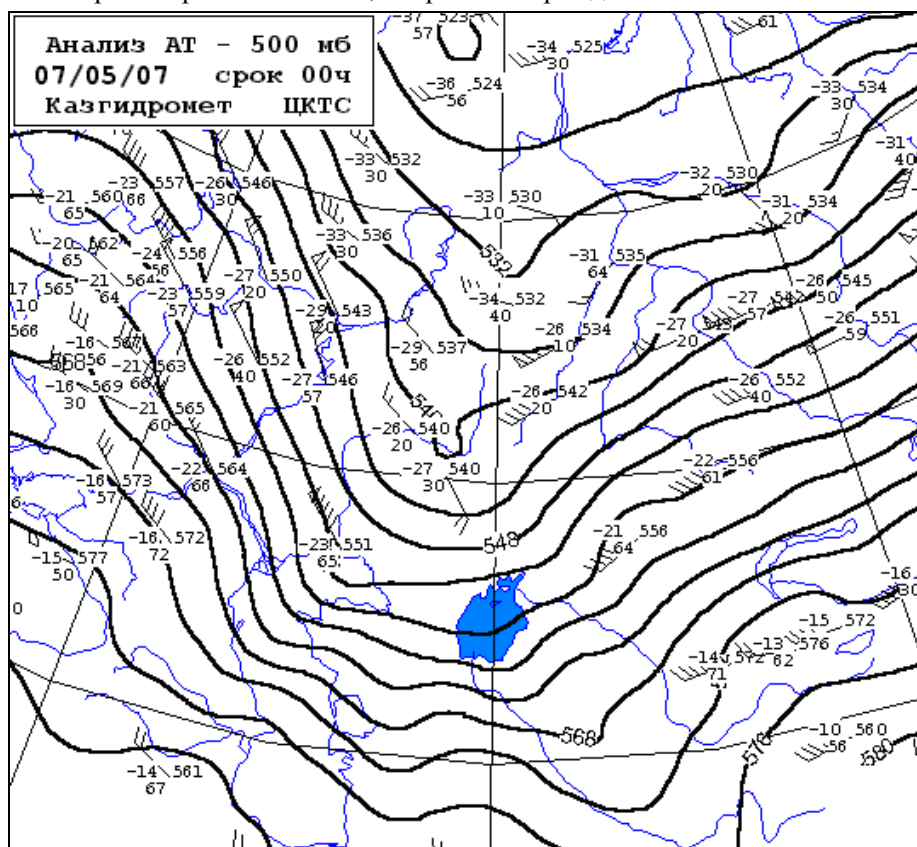


Рис. 8. Карта поверхности АТ-500 гПа. За 07.05.2007 г. Срок 00 ч.

Область тепла, которая наблюдалась ранее над центральными и северными районами Казахстана, переместилась на юг западной Сибири.

На уровне АТ-700 гПа, ложбина сместилась восточнее меридиана Каспийского моря, в ней образовался самостоятельный центр, южнее 50° широты, в районе Жезказгана. Восточная часть ЕТР занята гребнем высокого давления. Центр антициклона у земли находится в районе Волгограда. Центральный и западный Казахстан занят гребнем высокого давления. Таким образом, имеет место тенденция сближения центров барических образований, антициклона – западнее, и циклона – восточнее рассматриваемого региона, со сгущением изогипс между ними (рис. 9).

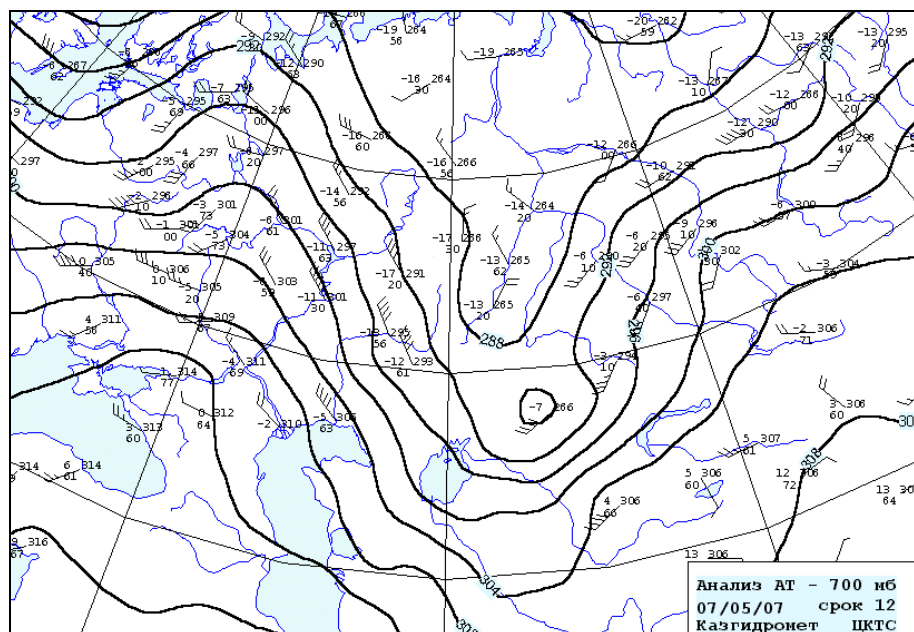


Рис. 9. Карта поверхности 700 гПа. За 07.05.2007 г. Срок 12 ч.

На уровне 850 гПа, гребень над ЕТР выражен очень хорошо. Также четко выражена ложбина, которая лежит над западной Сибирью и центральным Казахстаном. Интенсивный вынос тепла на район Северного Каспия и Арала способствовал образованию самостоятельного центра низкого давления в этой ложбине северо-восточнее Арала. Это стало одним из факторов, способствующих формированию больших горизонтальных градиентов давления в регионе. Холод смещается с ЕТР на западный Казахстан. В гребне западнее Каспия, ось которого проходит через Кавказ на восточные районы Скандинавии, наблюдается сгущение изогипс, что указывает на возможное усиление ветра. Сгущению изогипс способствует не только активное развитие гребня западнее Каспия и падение давления в ложбине восточнее Урала, но также наличие Уральского хребта, который препятствует быстрому выравниванию давления по широте [1, 5].

Согласно карте OT_{1000}^{500} над востоком ЕТР и западной Сибирью имеет место холодная воздушная масса. Вся Западная Европа занята гребнем тепла. Менее выраженная область тепла занимает центральные районы Казахстана.

На приземной карте погоды за 7 мая 2007 г., можно видеть (рис. 10), что циклон, возникший двое суток назад в ложбине заполнявшегося антициклона, из волны, продолжал развиваться и стал тоже заполняться. В его лож-

бине, ось которой ориентирована в сторону Аральского моря, южнее Актюбинска, сформировалась самостоятельная область низкого давления. Связанный с ним атмосферный фронт проходит с северо-востока на район Актюбинска, затем он поворачивает к юго-западу, пересекает Каспийское море, поворачивает к северу. Область высокого давления, центр которого находится западнее Волгограда, заметно усилился. Произошло заметное сближение центра низкого давления и центра высокого давления, южнее Волгограда. Здесь перепад давления составляет более 20 гПа.

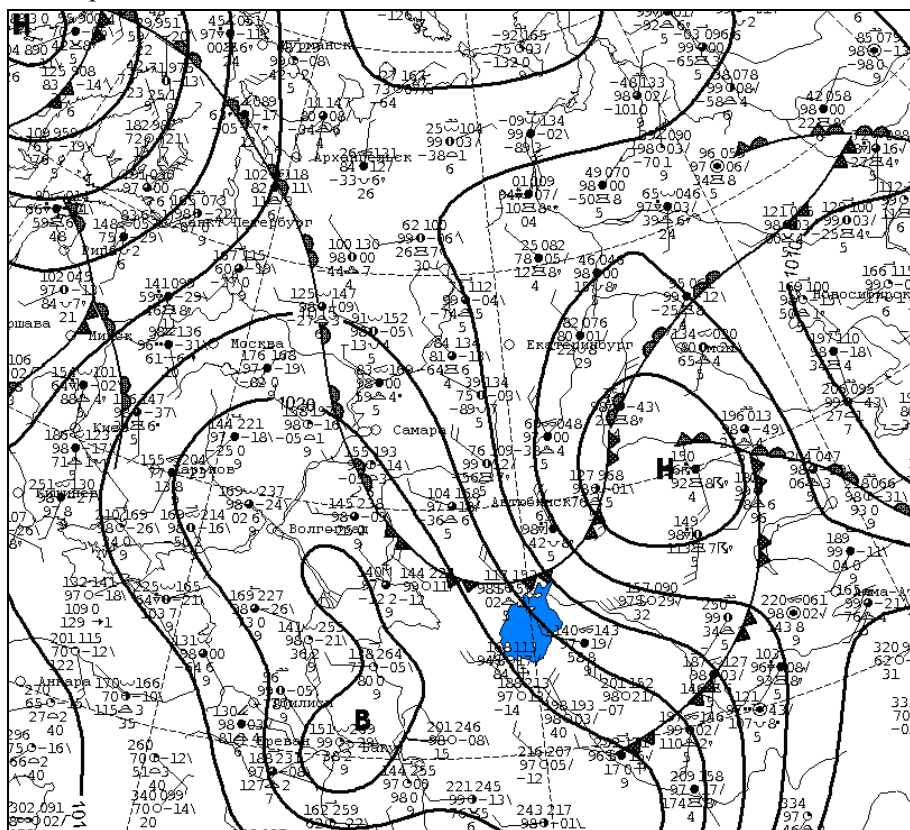


Рис. 10. Приземная карта погоды за 07.05.2007 г. Срок 12 ч.

Линия холодного фронта, в 00 ч проходит у самой северной границы Аральского моря, а его вогнутая форма показывает, что он будет перемещаться быстро, изобары, с которыми связан фронт, ориентированы, по отношению к нему меридионально.

Перед фронтом ветер юго-западный, с которым связана адвекция тепла, что приводит к сильному падению давления у земли. За фронтом ветер меняется на северо-западное направление. Атмосферный фронт перемещается через бывшую акваторию Аральского моря быстро. Так, в

срок 12 ч, 7 мая 2007 г. на приземной карте, можно видеть, что атмосферный фронт уже пересек акваторию Арала. Циклон, который находился между Аралом и Актюбинском, сместился к северо-востоку и расположился южнее Кустаная. На всей территории Актюбинской и Кызылординской области ветер усилился.

Очень показательной являются кольцевые карты за 6 и 9 часов (рис. 11). Фронт, расположенный над Аральским морем, находится в поле сгущения изобар, он перемещается быстро, скорости ветра превышают 20 м/с, ветер меняется над акваторией моря от западного до северо-западного. После прохождения фронта, скорости ветра не ослабли, так как в тылу циклона, который оставался над северными районами Казахстана, появились и быстро перемещались к югу вторичные фронты, сопровождавшиеся большими скоростями ветра, и несколько, позже – осадками.

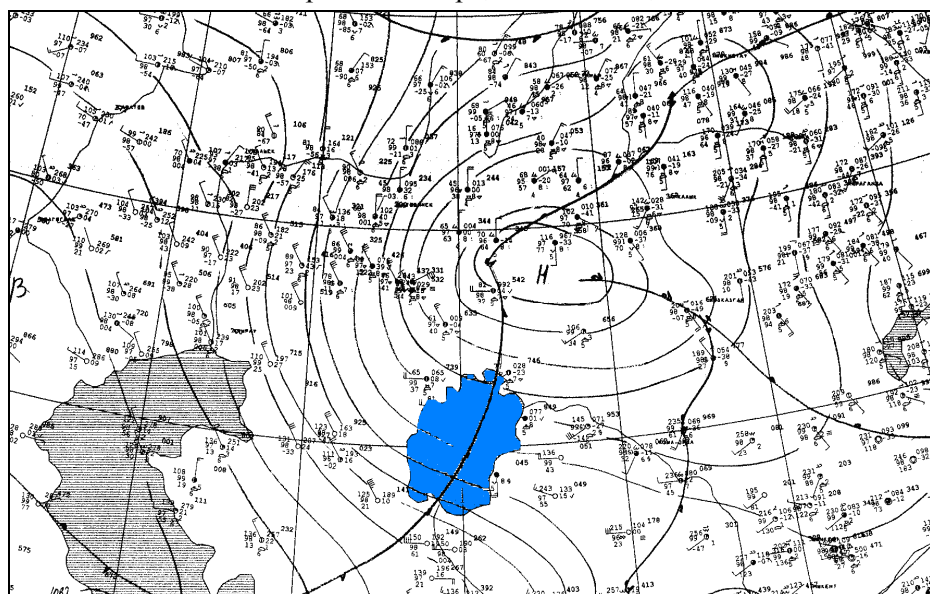


Рис. 11. Фрагмент карты-кольцовки за 7 мая 2007 г. 06 ч.

Стоит отметить, что после прохождения основного фронта давление, за ним выросло на 7 гПа за три часа, что весьма значительно. Это сильно увеличило градиент давления, что и способствовало развитию больших скоростей ветра.

Авторы [4], описывая западный процесс, подтип 3, пишут следующее: «Наиболее опасна в смысле бурного циклогенеза в зоне Аральского моря или в Центральном Казахстане такая ситуация, когда ПВФЗ над Черным морем, Каспием и западом Средней Азии очень интенсивная, а над востоком Средней Азии и Восточным Казахстаном располагается

меридиональный теплый высотный гребень. В этом случае над Центральным Казахстаном расходимость циклонически изогнутых изогипс и изотерм и переход их циклонической кривизны в антициклоническую приводит к сильному динамическому падению давления у земли. В районе к северу от Аральского моря развивается глубокий циклон, местами переходящий в штормовой. Он развивается из циклонической волны».

Таким образом, можно резюмировать, что сильная пыльная буря в течение двух суток произошла в результате усиления меридиональности в завершающемся Западном типе синоптического процесса, который сопровождался адвекцией тепла на район Северного Каспия и Арала. Это вызвало интенсивное падение давления в этом районе, а также рост давления над юго-востоком ЕТР и западне Каспия, обусловленное усилением меридиональности и смещениями холодных воздушных масс к ЮЮВ. Это привело к сближению двух барических образований антициклона западнее Каспия и циклона восточнее Арала и появлению больших градиентов давления в регионе. Определенную роль в этом процессе сыграл Уральский хребет и Мугоджары, которые явились помехой в перемещение воздушной массы к востоку, что тоже поспособствовало сгущению изогипс у западных предгорий [1, 5]. Ровная подстилающая поверхность позволила возникнуть сильному ветру, поднять с осушенной поверхности слой пыли и соли, и перенести его на значительное расстояние.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петренко Н.В. о влиянии меридиональных горных хребтов на эволюцию циклонов. // Труды ЦНП. – 1948. – С. 88-160.
2. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть I. – Л.: Гидрометиздат, 1986. – 702 с.
3. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть II. – Л.: Гидрометиздат, 1965. – 492 с.
4. Синоптические процессы Средней Азии / В.А. Бугаев и др. – Ташкент, Изд. АН Узбекский ССР, 1957. – 464 с.
5. Чередниченко В.С. Использование информации метеорологических радиолокационных радаров в анализе атмосферных фронтов. – Алма-Ата: Изд. КазГУ им. С.М. Кирова, 1985. – 104 с.

Поступила 06.03.2012

Геогр. ғылымд. докторы В.С. Чередниченко
Геогр. ғылымд. докторы А.В. Чередниченко
Геогр. ғылымд. канд. Алексей В. Чередниченко

**АРАЛ ТЕҢІЗІ МАҢЫНДАҒЫ 2007 ЖЫЛДЫҢ 7 МАМЫРЫНДА
БОЛҒАН ШАҢДЫ ДАУЛДАҒЫ СИНОПТИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙ**

Солтүстік Каспий мен Арал маңында жылудың адвекциясымен қамтылған синоптикалық процестің Батыс типті меридионалдықтың күшеюі нәтижесінде шаңды дауылдың қалыптасқаны көрсетілген. Бұл жағдай екі барикалық құрылымдар Каспийдің батысындағы антициклон мен Аралдың шығысында циклонның құрамаларының жақындасуына және аумақтағы үлкен қысым градиенттерінің пайда болуына әкеп соқты. Бұл процеске келесі жағдайлар да елеулі ықпалын тигізді: топырақтың терең құрғауы, жауын – шашынның және өсімдік қабатының болмауы.

УДК 551.515: 532.5.18

Доктор геогр. наук Ф.Ж. Акиянова*
Канд. физ.-мат. наук О.Е. Семенов**
Е.Е. Халыков*

ПОДВИЖНЫЕ ПЕСКИ ПОЛУОСТРОВА БУЗАЧИ (БОЗАШЫ)**БУЗАЧИ, ПОЛУОСТРОВ, ПЕСОК, ПОДВИЖНЫЙ, ПЛОЩАДЬ, РАЗМЕР, БАРХАН**

Активные эоловые процессы и антропогенное воздействие привели к формированию массивов подвижных песков на п-ове Бузачи (Бозашы) в Прикаспийском регионе Казахстана, занимающих свыше 110 км². Наиболее крупными из них являются пески Кызылкум, Жилымышик, Еталсек, Шольшаагылкум и другие. Подвижные пески образовались и на поверхностях сорочных депрессий и солончаков как во внутренних частях полуострова, так и по его периферии, в том числе и вдоль побережья Каспийского моря. В геоморфологическом отношении преобладают грядовые и барханные формы подвижных песков различной морфометрии, окаймленные участками плащеобразного залегания. Крупные подвижные песчаные массивы располагаются в песках Кызылкумах и на окружающих их сорах. Подвижные барханные грядовые пески возле поселка Тущекудук занимают площадь 26,5 км², Шибер – 8,5 км², Киякты – 14,5 км². Свыше 60 км² занимают наносы низких барханных и грядовых подвижных песков на сорах. Изучение направлений гряд и барханных цепей, особенно близ береговой зоны, показало, что в их формировании возможно выделение современных возрастных генераций, отличающихся на 30...50°. Определены параметры периодичности гряд и их высоты.

В результате эолового переноса и переотложения сформированы крупные песчаные пустыни Казахстана – Нарын, Прикаспийские и Приаральские Каракумы, Кызылкум, Мойынкум, Таукум, Сарыесик Атырау и др., занимающие в целом до 12,4 % территории республики. На этих территориях актуальной проблемой является борьба с подвижными песками, изучение и

* Институт географии, г. Алматы

** КазНИИЭК, г. Алматы

оценка их динамики, так как ими засыпаются селитебные и промышленные объекты, транспортные коммуникации, уничтожаются плодородные земли и т.д. Пески достаточно труднодоступны для экспедиционных исследований, но большие перспективы изучения их морфологии и морфометрии, с определением площадей распространения, открывают дистанционные методы исследований с использованием цифровых космических снимков высокого разрешения. В целом по территории Казахстана песчаные грунты занимают 334,3 тыс. км², из которых 11,1 % являются незакрепленными и активно переважаются с формированием подвижных форм рельефа.

Факторами, способствующими интенсивному развитию дефляционного, дефляционно-аккумулятивного (эолового) и аккумулятивного процессов являются преимущественно равнинный рельеф, бедность атмосферных осадков, поверхностных и грунтовых вод, интенсивное выветривание, слабо развитый почвенно-растительный слой и ветровой режим. Имеется прямая связь между возникновением подвижных песков и антропогенным воздействием. Массивы подвижных песков, образующихся под влиянием хозяйственной деятельности человека, обычно располагаются возле населенных пунктов. Причиной их формирования чаще всего является перегрузка песчаных пастбищ. В последние десятилетия стали значительными и техногенные нагрузки, связанные с освоением месторождений нефти, газа, подземных вод.

Образование подвижных песков – это деградация биологической составляющей ландшафтов и потеря экономического потенциала территории, т.е. опустынивание территории в его заключительной фазе. Жесткая взаимосвязанность всех компонентов ландшафтов приводит к тому, что природные процессы протекают экстремально или на грани экстремальности [6]. Процесс естественного зарастания подвижных песков без вмешательства человека может длиться столетиями. Закрепление подвижных песков человеком с помощью механических защит, посадки растений пескоукрепителей и создание искусственных защитных покрытий стоит чрезвычайно дорого. Поэтому человек, осваивая пустыни, должен осознавать себя частью этой чрезвычайно уязвимой природной среды и знать о последствиях своей деятельности.

Так же как и полуостров Мангышлак (Мангистау), полуостров Бузачи подвергается значительному антропогенному воздействию, которое вызвано нефтедобывающей и перерабатывающей промышленностью, агропромышленным комплексом, объектами дорожного, трубопроводного и

жилищного строительства. В регионе эксплуатируются нефтяные запасы промыслов Каламкас, Каржанбас и Северные Бузачи. Выявлено единственное месторождение пресных подземных вод в песчаном массиве Кызылкум. За счет подземных вод западной линзы этого месторождения осуществляется хозяйственно-питьевое водоснабжение нефтепромыслов Каражанбас и Каламкас. Эксплуатационные запасы подземных вод восточной линзы обеспечивают водоснабжение поселков Тущекудык, Шебир, Кызан и Акшимрау по групповому водопроводу. По отходящим от него веткам снабжаются водой многочисленные мелкие населенные пункты [1, 11].

В связи со структурными особенностями строения платформенного чехла – Бузачинский (Бозашынский) киммерийский свод – поверхность полуострова имеет слабо выпуклый профиль и в рельефе представляет собой низменную, местами слабоволнистую аккумулятивную равнину с преобладанием равнин морского и эолового генезиса. В сводовой части, на абсолютных отметках 0...20 м, простирается морская аккумулятивная раннехвалынская равнина со слабоизмененной за счет эоловой деятельности и суффозии поверхностью. Ниже нулевой отметки, до -22 м обширные пространства занимает позднехвалынская равнина, поверхность которой значительно больше переувлажнена и расчленена.

На участках с повышенным содержанием песчаных отложений сформированы относительно крупные массивы грядово-ячеистых и барханских песков Кызылкум, Жилимшик, Шольшагылкум и много мелких. Возле поселка Тушыкудык массив подвижных песков занимает площадь 26,5 км², в районе поселка Шебир – 8,5 км², у поселка Киякты три массива незакрепленных песков – 14,5 км². Западную и северную части низменности осложняют многочисленные соры (Кызанколь, Кызылсор, Мастексор и др.), площадью в несколько квадратных км и глубиной до 10...15 м. Наиболее крупным является сор, расположенный вдоль побережья залива Кошак. Здесь, на площади 50,6 км² образовались низкие барханные цепи. В 8,5 км на ВСВ от него расположен сор с наносами подвижного песка на поверхности площадью 11,2 км².

Возрастные генерации новокаспийской равнины обрамляют полуостров от залива Кошак до залива Комсомолец полосой 10...20 км. Лишь на северо-западе, на участке Улкенсора, площадь современной аккумуляции значительно расширена. В большинстве случаев поверхность равнины имеет первичные неровности, занятые пухлыми и корковыми солончаками. Субстрат преимущественно песчано-ракушечный, реже суглинистый. На

границе ранне- и поздненовокаспийских равнин вдоль побережья образовались песчано-ракушечные береговые валы, высотой 0,5...0,7 м, особенно отчетливые на северо-западе полуострова. Иногда протяженные и выраженные в рельефе береговые валы используются как основания для автодорог. Значительная часть прибрежной новокаспийской равнины подвержена затоплению, увлажнение ее за счет нагонов и подтопления сделали непроездимой для транспорта поверхность даже летом. Особенно это относится к поверхности Улкенсора, превращающегося в топкий солончак.

Соры Мертвый Култук (Олеколтык) и Кайдак, оконтуривающие полуостров с востока, являются дном бывшего залива. Это обширнейшая слабовогнутая сорово-солончаковая равнина по краям заросшая солянковой растительностью. Центральная часть равнины, наиболее глубокие участки прежнего залива постоянно заняты рапой. Вдоль западного борта соора Кайдак система кулисообразных песчаных береговых валов перевеяна и превращена в узкий (200...300 м) эоловый массив, вытянутый на 30 км.

В целом рельеф полуострова Бузачи, тяготеющего к Прикаспийской низменности, подчеркивает граничное положение полуострова между двух крупных геоструктур – Прикаспийской синеклизы и Туранской плиты [1, 3, 4, 7, 11, 12]. Абсолютные высоты его поверхности изменяются от 0 м в центральной части до -27 м – у побережья современного Каспия.

Рельеф представляет собой слабоволнистую равнину хвалынского и новокаспийского возрастов, расчлененную многочисленными соровыми котловинами и массивами как полужакрепленных растительностью, так и перевеваемых грядово-бугристых песков [1, 11]. Территория представлена плоской, местами слабо увалистой равниной, сложенной грунтами разного механического состава. В береговой полосе новокаспийские отложения представлены мелкозернистыми песками и супесями мощностью 3...4 м. Далее от берегов песчаные отложения сменяются чередующимися мало-мощными прослоями и линзами глин, ила, песков и супесей.

Центральная часть полуострова Бузачи сложена осадками раннехвалынской трансгрессии. Поверхность этой части занимает более высокое гипсометрическое положение (0 м) по отношению к береговым районам (-27 м). Поэтому отложения имеют лучшие условия для водообмена и, как правило, содержат наименее минерализованные воды. Формирование пресных подземных вод в песчаном массиве Кызылкум обязано именно хорошим условиям водообмена. Он окружен с севера и юга соровыми понижениями, служащими для водоносных горизонтов Кызылкумского

месторождения подземных вод местными дренами, что не позволяет солям накапливаться в водных горизонтах [1].

Из современных геологических процессов в описываемом районе наблюдаются два типа физического выветривания – дефляция и коррозия. Как и во всех пустынных местностях, ветер здесь является главной денудационной силой. Обнажения твердых пород подвергаются абразивному воздействию ветра и движущихся песчаных частиц. На поверхности земли образуются котловины выдувания и останцы из обточенных более твердых пород (рис. 1). Действию коррозии подвергаются также строительные и промышленные сооружения.



Рис. 1. Абразивное воздействие частиц песка во время бурь.

С эоловыми процессами связано и формирование крупных подвижных песчаных массивов в песках Кызылкум. Пески сложены по краям бугристыми, а в центре – грядовыми песками и барханами. Для их исследования были привлечены космические снимки Google Earth. Общая площадь подвижных песков весьма значительна – свыше 110 км². Они располагаются отдельными пятнами различного размера вблизи населенных пунктов и обязаны своим происхождением, чаще всего, перевыпасу скота. Снимки позволяют определять не только занимаемые подвижными песками площади, но и находить приближенные значения периодичности гряд λ , определять их средние высоты h благодаря подобию форм по соотношению $h \approx 0,05 \lambda$ [8, 10].

В северо-восточной части песков Кызылкум, в районе поселка Шебир, массив подвижных песков занимает площадь 8,5 км². Пески грядовые. Направление гряд в разных участках массива различно. На окраине восточной части массива на площади около 1 км² они направлены с запада

на востока (азимутальный угол равен 86°), на остальной части – азимутальный угол гряд изменяется в интервале $52^\circ \dots 65^\circ$, т.е. имеют направления, близкие к СВ, ВСВ.

Крупные площади подвижных песков образовались в районе поселка Тущекудык (Тушыкудык) (рис. 2). Песчаный массив протянулся на 11 км при ширине до 3,5 км, площадь его достигает $26,5 \text{ км}^2$. Рельеф песков отличается своеобразным строением, основные особенности которого исследованы по космическим снимкам. При небольшом увеличении снимков на поверхности массива хорошо просматриваются песчаные гряды. Направление крупных гряд на северо-западе массива изменяется в пределах азимутального угла от 16° до 22° , расстояние между грядами λ составляет порядка ста метров, относительная высота гряд около 5 м. При увеличении изображения на поверхности крупных гряд видны более мелкие поперечные гряды с параметром периодичности λ около 40 м, высотой около 2 м, азимутальным углом в $60^\circ \dots 70^\circ$ (рис. 3).



Рис. 2. Снимок подвижных песков в районе поселка Тущекудык (Тушыкудык) по космическому снимку (Google Earth).



Рис. 3. Подвижные барханные грядовые пески возле поселка Тущекудук (Тушыкудук). На переднем плане – низкие барханы высотой менее 2 м, на заднем – барханные гряды высотой свыше 10 м.

Рельеф песков более молодой юго-восточной части массива имеет направление низких барханных гряд в пределах азимутального угла от 42° до 65° . Размеры их около 2-х метров высоты с параметром периодичности в 40 м. Очевидно, что время и метеорологические условия формирования этих отличающихся по своему строению частей массива различны, что и привело к отличию направлений гряд. История поселка Тушыкудук, расположенного у южной окраины песков Кызылкум, весьма драматична. Он уже дважды в течение полувека переносился из-за наступления песков на новые места. И сейчас на его окраине вновь появились барханы, достигающие высоты 2...5 метров. Значительные площади подвижных песков образовались и в районе поселка Киякты. Здесь расположены три массива незакрепленных песков, суммарная площадь которых достигает $14,5 \text{ км}^2$. На всех трех массивах направления барханных гряд имеет азимутальный угол $44^\circ \dots 47^\circ$, расстояние между гряд равно 60...90 м, высота – до 3...5 м. Большие площади подвижные пески занимают на поверхностях соровых депрессий и солончаков, окаймляющих пески Кызылкум с юго-западной стороны. Ветровой вынос песчаного материала и его аккумуляция в понижениях рельефа привели к образованию на поверхностях соров низких

барханных грядовых песков. Наиболее крупным по площади является сор, расположенный вдоль побережья залива Кошак. Здесь, на площади 50,6 км², образовались низкие барханные цепи с расстоянием между гребнями около 40 м, высотой до 2 м и азимутальным углом 65°. Образование низких барханов на твердой подстилающей поверхности – характерная особенность этих эоловых форм рельефа. В 8,5 км на ВСВ от этого сора расположен ещё один меньший по размеру сор с наносами подвижного песка на поверхности площадью 11,2 км² и азимутальным направлением барханных цепей 60°...70°.



Рис. 4. Низкие барханные пески на окраине поселка Тущекудык.

Наиболее изученными в настоящее время являются подвижные пески у поселка Тущекудык, где проводились исследования для проектирования мероприятий по закреплению песков и защите поселка от песчаных заносов комплексной экспедицией Института географии МОН РК, в которых приняли участие авторы статьи. В процессе исследований изучен дисперсный состав песков, выполнены маршруты с отбором проб и геоморфологическим описанием, позволившие определить различия размерности частиц песка в окраинной юго-западной, центральной части массива и в наступающих на поселок низких барханных цепях. Образцы песка под номерами 2, 3, 4, 5, 6 были взяты на юго-западной окраине массива на протяжении маршрута в один километр; пробы 9, 10, 11, 12 – в центральной его части вглубь массива на полтора километра, и пробы 1, 7, 8, 13 – в наступающих на поселок барханных грядах на расстоянии 400 метров.

Результаты ситового анализа образцов песка по размерам, отобранных в различных местах массива с вершин барханов, представлены в

табл. 1. Как и в других песчаных пустынях, распределение частиц по размерам аппроксимируется логарифмически нормальной функцией с параметрами – средним геометрическим размером x_0 и стандартным отклонением логарифмов размера частиц. $\sigma_{\lg x}$ [2, 5, 8, 9].

В табл. 2 даны параметры логарифмически нормальной функции, аппроксимирующей эмпирические данные распределения частиц песка по размерам из табл. 1. Средний геометрический размер частиц песка x_0 на юго-западе массива лежит в узком интервале от 150 мкм до 160 мкм, стандартное геометрическое отклонение $\sigma_{\lg x}$ имеет также небольшую изменчивость по территории и малое значение: 0,09...0,12.

На рис. 5 приведена интегральная кривая логарифмически нормального распределения частиц песка по размерам с параметрами $x_0 = 150$ мкм и $\sigma_{\lg x} = 0,12$ с юго-западной оконечности массива подвижного песка. На рисунке видно очень хорошее согласование эмпирических точек с теоретической кривой распределения, которое характерно для песков этого массива.

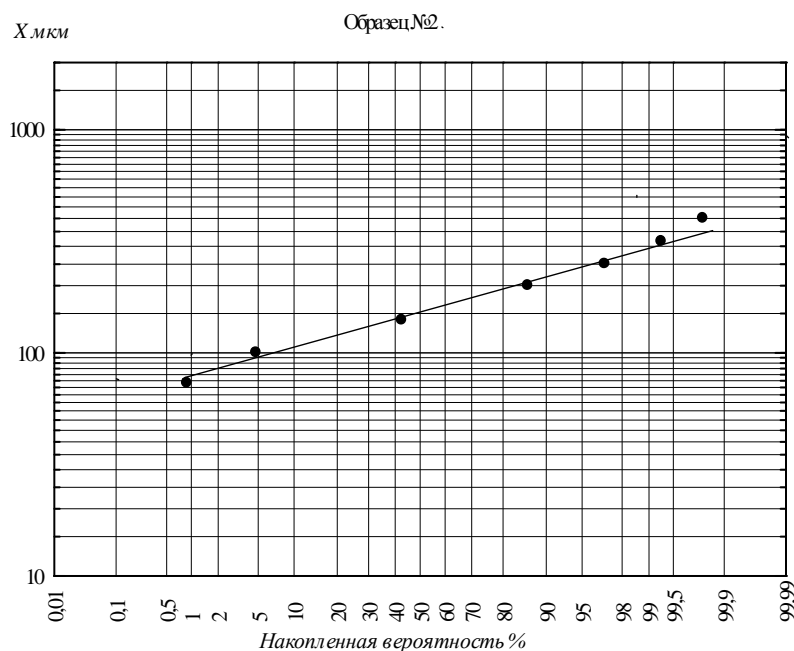


Рис. 5. Интегральная кривая логарифмически нормального распределения частиц песка по размерам на юго-западе массива Кызылкум.

Таблица 1

Результаты ситового анализа образцов песка массива Кызылкум у пос. Тушекудук, п-ов Бузачи

Проба	Доля частиц, размером меньше x (мкм), в %										
	73	100	140	200	250	315	400	500	1000		
1	0,85	4,85	38,85	66,85	81,1	91,65	97,8	99,3	99,8	99,8	
2	0,9	4,8	42,7	86,4	97	99,3	99,8				
3	0,1	1,1	29,85	88,2	98,9	99,7	99,85				
4		1,05	33,3	84,5	96,0	99,1	99,7				
5	0,15	2,15	46,3	91,7	97,95	99,4	99,7				
6		1,55	33,1	87,5	98,1	99,6	99,95				
7	0,45	3,4	38,4	87,6	98,2	99,7	99,95				
8	2,1	8,4	37,8	73,9	88,3	95,7	98,7	99,3	99,6		
9	0,85	5,35	39,55	83,55	95,2	98,55	99,55	99,8	99,9		
10	0,7	3,2	32,7	74,1	88,4	94,7	98,2	99,3			
11	0,05	1,2	28,7	86,8	98	99,6	99,7				
12	0,3	2,4	47,1	95,95	99,4	99,9					
13	0,55	4,8	33,9	59,2	69,4	79,3	93,1	98,6	99,7		

Таблица 2
 Параметры распределения частиц песка по размерам в различных местах подвижного массива песков Кызылкум,
 п-ов Бузачи. 2010 г.

Проба	Координаты места отбора проб		Характеристика песков и места отбора проб	Параметры распределения	
	северная широта	восточная долгота		x_0 МКМ	σ_{lgx}
1	44°44'33"	51°57'29"	Мониторинговая площадка Института географии с пескоуловителями. Вершина бархана высотой 2,5 м на окраине пос. Тушекулдык	172	0,19
2	44°44'42"	51°55'47"	Юго-западная оконечность массива подвижного песка. Песчаная грядка подвижного песка широтного направления высотой около 3 м	150	0,12
3	44°44'59"	51°55'48"	Вершина бархана высотой 4 м	159	0,09
4	44°45'06"	51°55'45"	Вершина бархана высотой 7 м	160	0,10
5	44°45'08"	51°55'54"	Вершина бархана высотой 9 м	150	0,10
6	44°45'06"	51°55'59"	Вершина бархана высотой 5 м	159	0,10
7	44°44'36"	51°57'25"	Вершина бархана высотой 3,5 м из четвертой по счету от поселка гряды	154	0,11
8	44°44'39"	51°57'20"	Вершина низкого бархана высотой 1,5...2 м из седьмой по счету от поселка гряды барханов из крупного песка красноватого цвета за счет пустынного загара	165	0,17
9	44°45'03"	51°57'45"	Ближайшая к поселку гряда песков высотой 2...2,5 м	154	0,14
10	44°45'21"	51°57'41"	Вершина низкого бархана высотой около 2 м	170	0,14
11	44°45'29"	51°57'35"	Гряда барханов с острым гребнем высотой 3...6 м	159	0,10
12	44°45'42"	51°57'27"	Вершина бархана высотой 9 м	138	0,08
13	44°44'39"	51°57'20"	Вершина низкого бархана высотой 1,5...2 м из седьмой по счету от поселка гряды барханов из песка красноватого цвета. Крупный красный песок на гребнях золотой ряби	200	0,20

В центральной части песков средний геометрический размер частиц x_0 и дисперсия распределения изменяются в несколько больших значениях: x_0 – от 138 мкм до 170 мкм, $\sigma_{lg,x}$ – от 0,08 до 0,14. Здесь сказывается влияние более сложного и высокого рельефа. Но значение дисперсии распределения песка по размерам остается небольшим ($\sigma_{lg,x} \leq 0,14$), что свидетельствует об интенсивной их эоловой переработке [8, 9].

В центральной части песков средний геометрический размер частиц x_0 и дисперсия распределения изменяются несколько в больших значениях: x_0 – от 138 мкм до 170 мкм, $\sigma_{lg,x}$ – от 0,08 до 0,14. Здесь сказывается влияние более сложного и расчлененного рельефа с более высокими относительными высотами. Но значение дисперсии распределения песка по размерам остается небольшим ($\sigma_{lg,x} \leq 0,14$), что свидетельствует об интенсивной их эоловой переработке (рис. 6).

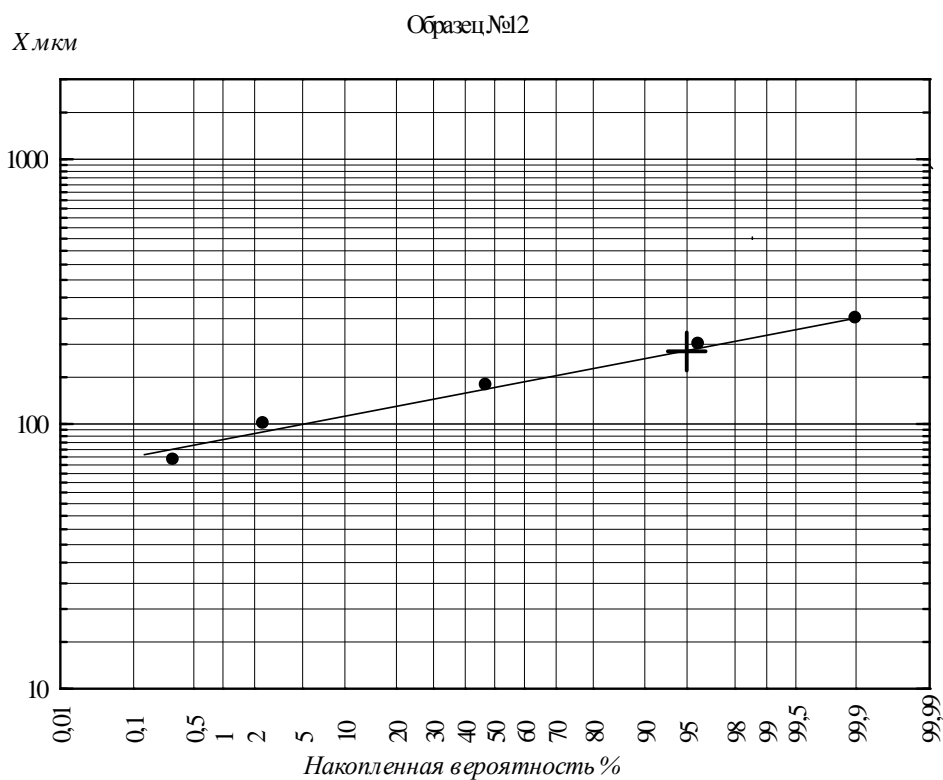


Рис. 6. Интегральная кривая логарифмически нормального распределения частиц песка по размерам из центральной части массива Кызылкум.

Ближайшие с западной стороны к поселку подвижные барханы сложены песком примерно с таким же средним геометрическим размером частиц $x_0 \in [154 \text{ мкм}, 172 \text{ мкм}]$, но с несколько большей дисперсией распределения $\sigma_{\lg x} \in [0,11, 0,17]$. Гребни золовой ряби на поверхности бархана со средним геометрическим размером частиц $x_0 = 165 \text{ мкм}$ и $\sigma_{\lg x} = 0,17$ сложены из более крупных зерен песка и имеет большую дисперсию распределения: $x_0 = 200 \text{ мкм}$ и $\sigma_{\lg x} = 0,20$.

На рис. 7 приведено распределение частиц песка с параметрами логарифмически нормальной функции: $x_0 = 154 \text{ мкм}$ и $\sigma_{\lg x} = 0,11$. Здесь также видно очень хорошее согласование эмпирической функции распределения частиц с логарифмически нормальным распределением.

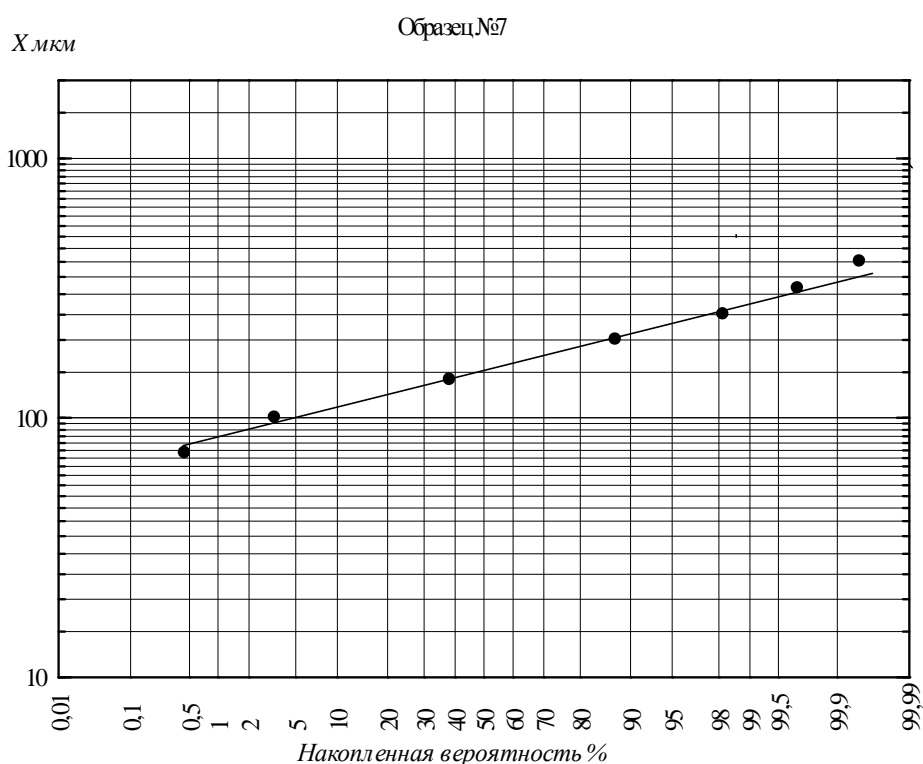


Рис. 7. Интегральная кривая логарифмически нормального распределения частиц песка по размерам у пос. Туцекудык.

Пески массива с такими значениями параметров логарифмически нормального распределения содержат в своем составе до 40...60 % частиц менее 120 мкм. А это наиболее легко подвергающиеся ветровому воздействию

вию частицы, которые начинают перемещаться в воздушном потоке уже при динамической скорости около 0,2 м/с. На высоте 10 м, при достижении скорости ветра 5...6 м/с начинается перенос песка в виде песчаного поземка, а при увеличении скорости до 10 м/с и больше – развивается песчаная буря. Этому способствуют и метеорологические условия на полуострове Бузачи. На рис. 8 показано изменение числа суток в году с явлениями переноса песка ветром за тридцатилетний период наблюдений с 1970 по 2000 гг. на метеорологической станции Кызан, расположенной в 70 км на ВСВ от пос. Тушекудык. В среднем многолетнем разрезе за рассматриваемый ряд лет число суток с песчаными бурями равно 7,2. Несмотря на большую межгодовую изменчивость, на рисунке видна и тенденция к возрастанию их числа на полуострове.

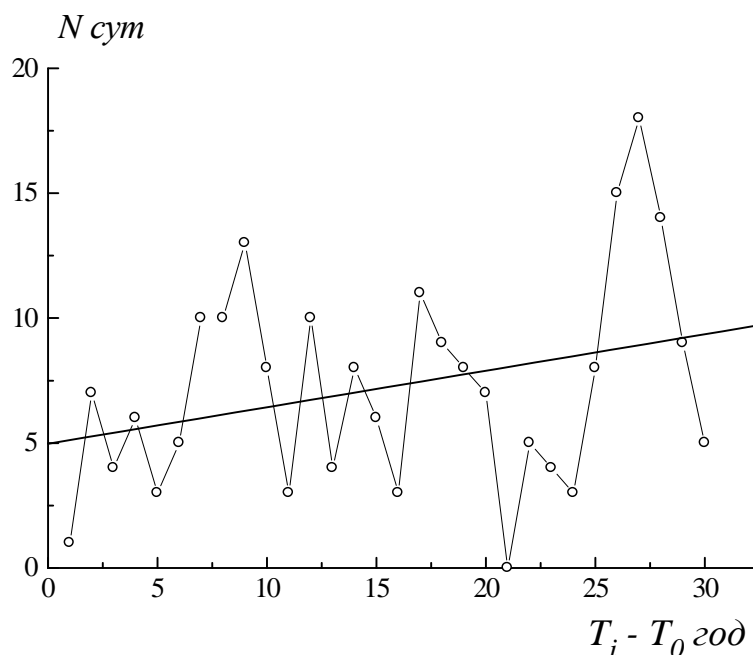


Рис. 8. Многолетний ход числа суток с пыльными (песчаными) бурями по наблюдениям метеорологической станции Кызан, T_0 – 1970 год.

Уравнение тренда роста числа суток с пыльными бурями имеет вид

$$N = 4,4 + 0,17(T_i - T_0),$$

где N – число суток с песчаными бурями в одном из T_i годов рассмотренного ряда лет с 1970 по 2000 гг., T_0 – 1970 год. Из этого уравнения следует, что средняя повторяемость бурь в году за 30 лет с 1970 г. возросла на 5 суток.

Таким образом, размер частиц песка исследованного массива отличается очень небольшой дисперсией распределения. Коэффициент вариации в подавляющем числе случаев не превышает 0,2...0,3 (20...30 %). Оценивая в целом подвижность песка этого региона, можно сказать, что эоловые формы из частиц с размером x_0 менее 170 мкм могут активно участвовать в ветровом переносе не только в приповерхностном слое, но и переноситься сильными ветрами во всем приземном слое атмосферы на значительные расстояния. Это увеличивает риск расширения границ подвижных песков полуострова Бузачи, к укрупнению и созданию новых массивов подвижных песков в сорочных понижениях рельефа. Пески с x_0 больше 180...200 мкм будут менее подвижны и перемещаться ветром в слое высотой менее 2-х метров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акиянова Ф.Ж. Геоморфологические основы современного развития и освоения Прикаспийских равнин Казахстана: Автореф. дис. ... доктор геогр. наук. / Институт географии. – Алматы, 2004. – 54 с.
2. Алексеев Г.А. Определение стандартных параметров логарифмически нормальной кривой распределения по трем опорным ординатам // Тр. ГГИ. – 1962. – Вып. 99. – С. 261-273.
3. Геология СССР. Т. 40. Кн. 1 / Под ред. Е.А. Козловского и Ш.Е. Есенова. – М.: Недра, 1971. – 534 с.
4. Геология СССР. Т. 40. Кн. 2 / Под ред. А.В. Сидоренко и Ш.Е. Есенова. – М.: Недра, 1971. – 286 с.
5. Колмогоров А.Н. О логарифмически-нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении. // ДАН СССР. Нов. сер. – 1941. – Т. 31. – №2. – С. 99-102
6. Пустыни. /А.Г. Бабаев, Н.Н. Дроздов, И.С. Зонн, З.Г. Фрейкин. – М.: Изд-во «Мысль», 1986. – 319 с.
7. Сваричевская З.А. Геоморфология Казахстана и Средней Азии. – Л.: Изд-во Ленинградского гос. ун-та, 1965. – 296 с.
8. Семенов О.Е. Введение в экспериментальную метеорологию и климатологию песчаных бурь – Алматы, 2011. – 580 с.
9. Семенов О.Е. О распределении почвенных частиц по размерам на юге Казахстана вследствие эоловых процессов // Тр. КазНИГМИ. – 1970. – Вып. 36. – С. 153-165.

10. Сенкевич Б.Н. О генезисе основных форм эолового рельефа песчаных пустынь. – Ашхабад, изд-во «БІлым», 1976. – 183 с.
11. Фаизов К.Ш., Раимжанова М.М., Алимбеков Ж.С. Экология Мангыш-лак-Прикаспийского нефтегазового региона. – Алматы, 2003. – 237 с.
12. Физико-географическое районирование СССР. / Под редакцией Н.А. Гвоздецкого. – М.: Изд-во МГУ, 1968. – 576 с.

Поступила 7.05.2012

Геогр. ғылымд. докторы Ф.Ж. Ақиянова
Физ.-мат. ғылымд. канд. О.Е. Семенов
 Е.Е. Халыков

БОЗАШЫ ТҮБЕГІНІҢ ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰМДАРЫ

Белсенді эол және антропогенді процесстер Қазақстанның Каспий маңындағы көлемі 110 км² алып жатқан Бозашы түбегінде жылжымалы құмдар массивінің құрастырылуына әкелді. Олардың ішіндегі ең ірілері Қызылқұм, Жылышық, Еталсек, Шолашағылқұм және тағы басқалары болып табылады. Жылжымалы құмдар жер бетіндегі тұзды топырақ жиынында, түбектің ішкі бөлігінде және оның алиақ жатқан шет аймақтарында сонымен қатар Каспий теңізінің жағалауларында пайда болды. Геоморфологиялық тұрғыдан алғанда жылжымалы құмдардың жамылғы тәріздес көмкерілген әртүрлі морфометрияларында құмды жүйек және жылжымалы шағыл түрлері басым болады. Ірі массивті жылжымалы құмдар Қызылқұмда және оның тұзды топырақ жиынында орналасады. Тұщықұдық елдімекенінің жылжымалы құмды қырат ауданы 26,5 км² – Шеберде – 8,5 км² Қияқтыда – 14,5 км² аумақты алып жатыр. Тұзды топырақ жиындарында жүйек және төменгі шағыл құмдар 60 км² аса жерді алып жатыр. Шағыл және жүйек тізбелерінің әсіресе олардың жағалудағы бағыттарын зерттеу нәтижесінде олардың пайда болуында 30...50° айырмашылықтағы қазіргі шақты генерацияларының бөлінуі мүмкін.

УДК 911.3:613(574.11)

Б.В. Шкуринский *

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ
КОМФОРТНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНО-
КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ***МЕДИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, КЛИМАТИЧЕСКАЯ
КОМФОРТНОСТЬ, ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА ЗДОРОВЬЕ, ЖЕСТ-
КОСТЬ ПОГОДЫ, ДИСКОМФОРТНЫЙ ПЕРИОД*

В статье содержатся результаты проведенной автором оценки климатических условий для жизнедеятельности населения Западно-Казахстанской области, а также карта климатической комфортности исследуемой территории.

Изучение влияния климатических условий на жизнедеятельность населения является составной частью комплексной медико-географической характеристики природной среды. Актуальность данной работы заключается в том, что в настоящее время недостаточно изучена степень благоприятности климатических условий изучаемой территории для здоровья населения. Поэтому цель нашего исследования заключается в оценке климатической комфортности для жизнедеятельности населения. Результатом этой работы является карта климатической комфортности территории Западно-Казахстанской области.

Территория области расположена в зоне резко-континентального климата с четко выраженными сезонами года. Характерными особенностями климата области являются обилие солнечного света, суховеи, интенсивное испарение, малоснежье, высокая скорость ветра, дефицит осадков. Степень континентальности климата в целом увеличивается с запада на восток и с севера на юг. Годовое количество осадков в целом по области невелико и колеблется в пределах от 175 мм на юге до 350 мм на севере (рис. 1).

Изучение влияния климатических условий на здоровье населения является одной из важнейших составных частей медико-географической характеристики природной среды. В разное время изучением влияния

* Западно-Казахстанский ГУ им. М. Утемисова, г. Уральск

климата на здоровье человека занимались Архипова И.В., Башалханова Л.Б., Исаев А.А., Логинов В.Ф., Русанов В.И. и др. [2, 3, 4, 5, 8]. Изучению рекреационного и климато-терапевтического потенциала Западно-Казахстанской области посвящена работа Нысанбаевой А.С. [6].

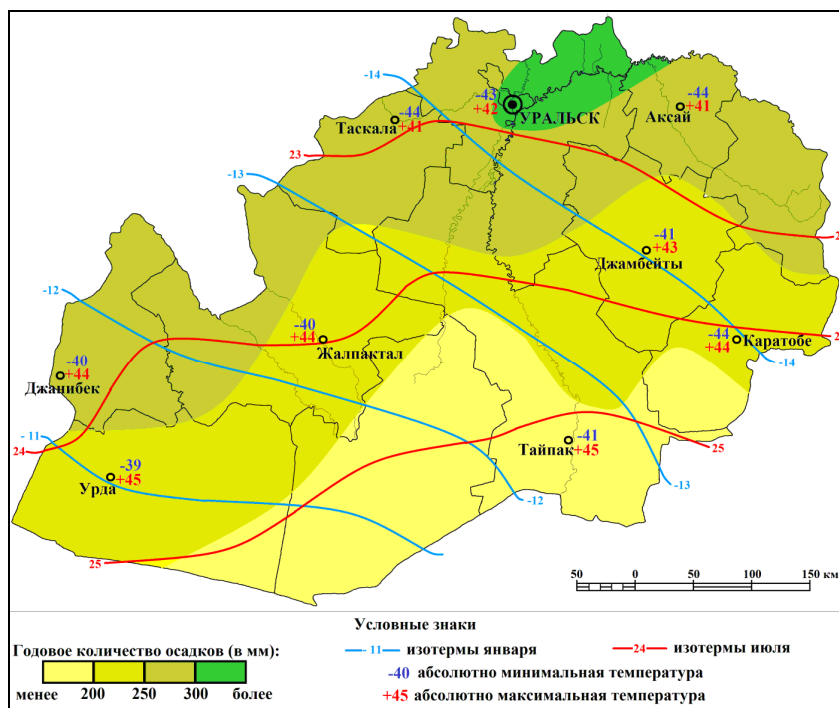


Рис. 1. Климатическая карта Западно-Казахстанской области.

Особенность влияния климатических условий заключается в том, что они оказывают максимальное воздействие в совокупности. Автором были отобраны следующие климатические условия, неблагоприятно влияющие на здоровье населения Западно-Казахстанской области: количество дней с сильным ветром, скорость ветра в январе и июле, среднегодовая температура воздуха, средняя температура января и июля, количество дней с высокой влажностью воздуха, продолжительность дискомфортного периода, количество дней в году с осадками, число дней с облачностью, жесткость погоды в зимний период, количество дней с атмосферной засухой. Вся используемая информация, характеризующая климатическую ситуацию в Западно-Казахстанской области, основана на данных Атласа Казахской ССР и фондовых материалах кафедры географии Западно-Казахстанского государственного университета им. М. Утемисова [1, 7, 9].

Засушливость климата, высокое испарение, дефицит осадков приводит к образованию атмосферной засухи, продолжительность которой колеб-

летя от 40 до 65 суток в году. Наибольшая средняя продолжительность атмосферной засухи – 60...65 суток в год наблюдается на территории южных районов области, что объясняется малым количеством выпадающих осадков и длительностью солнечного сияния (около 2500 часов в год). Максимальное число суток с засухой наблюдалось на территории Бокейординского района (105 суток). Уменьшение длительности атмосферной засухи происходит в направлении с юга на север и достигает своего минимума (40 суток и менее) на территории Зеленовского, Бурлинского, севера Таскалинского районов.

Ветровой режим области обусловлен барическими и циркуляционными факторами и по своему характеру довольно различен. В среднегодовой характеристике направлений ветра заметного преобладания какого-либо из них не наблюдается. Анализ карты среднегодовой скорости ветра показывает, что на территории области можно выделить три зоны ветрового режима. Первая зона протягивается с северо-запада Зеленовского района к южной границе Чингирлауского района. На данной территории наблюдаются максимальные показатели среднегодовой скорости ветра – 4,5...5,5 м/с, а наибольшее число дней в году с сильным ветром было зафиксировано в Уральске и составило 83 дня. Вторая зона охватывает центральную часть области и занимает территорию Таскалинского, Акжайкского, Каратобинского и южные части Зеленовского, Теректинского и Сырымского районов. На этих территориях наблюдаются минимальные показатели скорости ветра, но они не существенно отличаются от максимальных и составляют 4...4,5 м/с. Третья зона протягивается на территории Казталовского, Джаныбекского, Бокейординского и Жангалинского районов. Показатели скорости ветра здесь аналогичны показателям в северных районах области. Что касается среднемесячных данных, то самая высокая скорость ветра характерна для февраля.

Среднегодовая температура воздуха положительная и по территории области изменяется в интервале от 3,9...4,3 °С на севере до 6,8...7,2 °С на юге области. Январь для всей территории является самым холодным месяцем, июль – самым жарким. Среднемесячные температуры января изменяются от -14,9 °С на севере до -11 °С на юге, а июля соответственно от +22,6 °С до +24,5 °С. Температура воздуха в совокупности с относительной влажностью воздуха оказывает существенное влияние на теплообмен организма с окружающей средой. При низкой температуре и высокой влажности воздуха повышается теплоотдача и человек подвергается большому охлаждению; при высокой температуре и высокой влажности

воздуха теплоотдача резко сокращается, что ведёт к перегреванию организма. Повышенная влажность воздуха (более 80 %) наблюдается в зимнее время повсеместно на всей территории области. Летний сезон характеризуется пониженной влажностью – менее 40 %.

Теплый период на территории области характеризуется ясной, сухой и очень жаркой погодой. Реальная продолжительность солнечного сияния к теоретически возможному в летние месяцы составляет 70...80 %. Общая продолжительность сияния за год изменяется в пределах от 2100 час в год – на крайнем севере и западе области, до 2500 час в год – на юге Акжайкского района.

Влияние на здоровье населения температурного режима нами оценивалось с учетом длительности дискомфортного периода, которая определялась суммой суток в году со среднесуточной температурой воздуха выше +20 °С и ниже -10 °С. Данный показатель использовался в работе Архиповой И.В. при оценке комфортности климатических условий Алтайского края [2]. Так, территорию области можно разделить на три зоны по длительности дискомфортного периода. Первая зона занимает территорию северных районов области, а также северные части Казталовского, Акжайкского и Каратобинского районов. Здесь продолжительность данного периода составляет 150...160 суток. Вторая зона (с продолжительностью дискомфортного периода 140...150 суток) проходит по территории Джаныбекского, Казталовского, северной части Джангалинского и южных частей Акжайкского и Каратобинского районов. И третья зона с длительностью менее 140 суток охватывает южную часть Джангалинского и всю территорию Бокейординского районов.

Для характеристики дискомфорта зимнего периода нами использовался показатель жесткости погоды (по Бодману):

$$S = (1 - 0,04T) \cdot (1 + 0,272V),$$

где S – показатель жесткости погоды (в баллах); T – среднемесячная температура воздуха января, °С; V – средняя скорость ветра за январь, м/с.

Согласно методике оценки жесткости погоды, климатические условия с показателем жесткости $\geq 3,5$ характеризуются как «суровые» [1]. По показателю жесткости погоды в зимний период территорию Западно-Казахстанской области можно разделить на 5 районов. Наименьшая жесткость погоды в зимний период отмечается на крайнем юго-западе территории Западно-Казахстанской области и составляет 3,2. «Суровые» климатические условия (жесткость погоды $\geq 3,5$) отмечаются повсеместно на всей территории области. Наибольшая жесткость по-

годы в зимний период ($\geq 5,8$) отмечается на севере Западно-Казахстанской области – в Таскалинском, Зеленовском, Бурлинском и Чингирлауском районах.

Для оценки степени комфортности климата по оценочным показателям на территории Западно-Казахстанской области, автором была разработана оценочная шкала (табл.). Эта шкала включает набор основных климатических показателей, их оценку: *абсолютную* (в единицах измерения) и *балльную* (в баллах). При оценке климатической комфортности очень сложно провести полный охват всех факторов, поэтому важно выделить наиболее значимые для территории ЗКО. С этой целью была разработана 2-балльная шкала. Высший балл (2) присваивался оптимальным показателям в пределах области, а низший (1) – менее благоприятным. Дробность балльной шкалы определялась на основе внутрорегиональных различий элементов природной среды Западно-Казахстанской области.

Таблица

Шкала определения степени комфортности климата на территории Западно-Казахстанской области

Показатель комфортности климата	Абсолютная оценка	Балльная оценка уровня комфортности
количество суток с сильным ветром ($V \geq 15$ м/с)	≤ 15	2
	≥ 16	1
жесткость погоды в зимний период (в баллах)	≤ 5	2
	$\geq 5,01$	1
средняя T воздуха в январе, °С	$\leq -13,2$	2
	$\geq -13,3$	1
средняя T воздуха в июле, °С	$\leq 23,7$	2
	$\geq 23,8$	1
количество суток с высокой влажностью воздуха (≥ 80 %)	≤ 114	1
	≥ 115	2
продолжительность дискомфортного периода, сут	≥ 150	1
	≤ 150	2
количество суток в году с осадками	≥ 100	2
	≤ 100	1
число суток с облачностью	≥ 110	2
	≤ 110	1
число суток с атмосферной засухой	≤ 60	2
	≥ 60	1

По различной степени комфортности климатических условий для жизнедеятельности населения территорию Западно-Казахстанской области можно подразделить на 9 районов (рис. 2). Высокая степень комфортности климата отмечается на севере Западно-Казахстанской области. Наиболее

неблагоприятными климатическими факторами, влияющими на здоровье населения, являются высокая продолжительность дискомфортного периода, большое количество дней с сильным ветром и высокая жесткость погоды в зимний период ($\geq 5,01$).

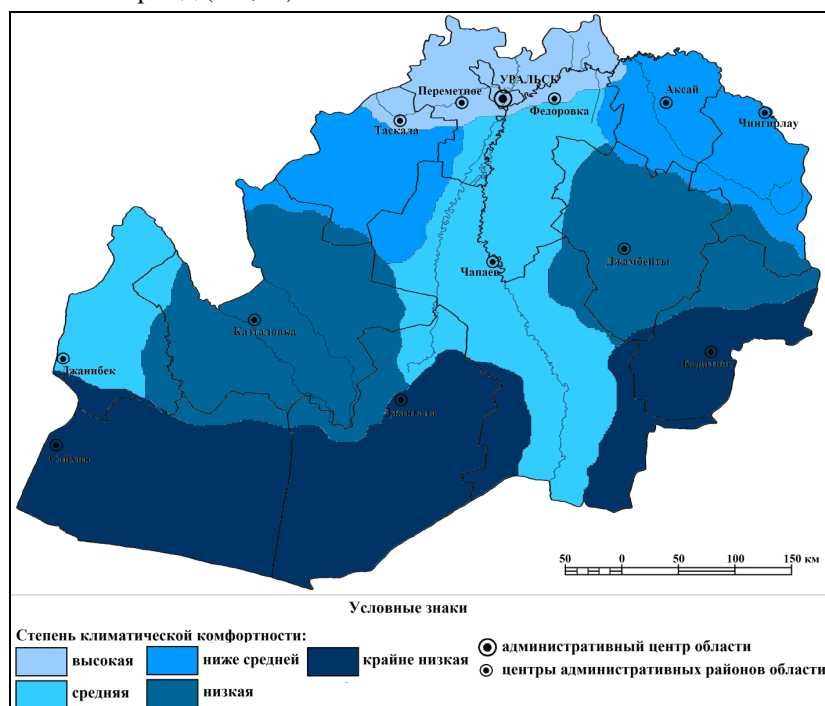


Рис. 2. Комфортность климата Западно-Казахстанской области.

Крайне низкая климатическая комфортность отмечается на территории южных районов области. Среди климатических условий, оказывающих неблагоприятное влияние на здоровье местного населения, следует выделить: большое количество суток с сильным ветром, малое количество дней в году с осадками, повышенная засушливость воздуха, большое количество суток с атмосферной засухой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амельченко В.И., Галимов А.Г., Галимов М.А. География Западно-Казахстанской области. – Уральск: Областное управление образования, 2005. – 176 с.
2. Архипова И.В. Медико-географическая оценка климатической комфортности территории Алтайского края: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – Барнаул, 2006. – 22 с.

3. Башалханова Л.Б., Башалханов И.А. Влияние климата на жизнедеятельность населения в регионах Восточной Сибири // География и природные ресурсы. – Иркутск, 2008. – №1. – С. 128-133.
4. Исаев А.А. Экологическая климатология. – М.: Научный мир, 2001. – 458 с.
5. Логинов В.Ф., Крылова О.В. Оценка влияния климатических факторов на здоровье населения Беларуси // География и природные ресурсы. – Иркутск, 2004. – №4. – С. 124-128.
6. Нысанбаева А.С. Климато-терапевтический и рекреационный потенциал Западно-Казахстанской области // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2007. – №2. – С. 48-58.
7. Петренко А.З., Джубанов А.А., Фартушина М.М. и др. Природно-ресурсный потенциал и проектируемые объекты заповедного фонда Западно-Казахстанской области. – Уральск, 1998. – 176 с.
8. Русанов В.И. Методы исследования климата для медицинских целей. – Томск: – 1973.
9. Атлас Казахской ССР. Том 1. Природные условия и ресурсы. – М.: ГУГК, 1982. – 82 с.

Поступила 12.03.2012

Б.В. Шкуринский

БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ АУМАҒЫНЫҢ КЛИМАТТЫҚ ЖАЙЛЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУ ӘДІСІ

Мақалада автормен жүргізілген Батыс Қазақстан облысы тұрғындарының тіршілік әрекеттері үшін климаттық жағдайды бағалау нәтижелері, және зертеу аумағындағы климаттық жайлылық картасы келтірілген.

УДК 551.515.3

Канд. с.-хоз. наук	Б.К. Мамедов *
Канд. геогр. наук	А.П. Иванов *
Доктор геогр. наук	А. Арнагельдыев *

ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТАКЫРАХ

ТАКЫРЫ, ВЕТРОПЕСЧАНЫЙ ПОТОК, ВЕТРОВАЯ ЭРОЗИЯ, АБРАЗИВНЫЕ СВОЙСТВА ПЕСКА, ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ

Исследованы эрозионные процессы на такырах в связи с выносом пыли. Выполнены расчеты, доказывающие абразивный характер воздействия ветропесчаного потока на такырную поверхность. Описан механизм водной эрозии.

Пыльные бури возникают в связи с сильным ветром, поднимающим с земной поверхности мельчайшие частицы почвы. Сильные ветры – смерчи и ураганы – поднимают в воздух как мелкозем, который не держится долго в воздухе, так и аэрозоли. Аэрозоли – это легкие, свободно плавающие в атмосфере твердые (пыль, сажа, частички солей, органики и т.д.) частицы, а также капельки воды, представляющие собой растворы солей и кислот. По происхождению аэрозоль делится на шесть видов: морской, сульфатный, биогенный, дымовой, вулканический и пустынный [1]. Причинами пыльных бурь, которые выносят пустынный аэрозоль в тропосферу, являются засуха, суховеи; провоцируют их интенсивная распашка, выпас скота, вырубка древесно-кустарниковой растительности на топливо. Возникают пыльные бури и в местах распространения такырных ландшафтов. Большое количество пылеватых частиц размером РМ 10 и РМ 2,5 в составе такырных и такыровидных почв позволило классифицировать их как потенциальные очаги пыльных бурь в регионе южнее Аральского моря [10].

Спектральный анализ пыли [8], собранной в регионе Аральского моря, показывает доминирование в ее составе таких минералов, как кварц, кальцит и доломит (рис. 1) в большинстве образцов.

* Национальный институт пустынь, растительного и животного мира Министерства охраны природы Туркменистана, г. Ашхабад, Туркмения

Помимо основных минералов обнаружено также присутствие минерала иллит, причем его больше в почвенных образцах, которые отбирались параллельно сбору пыли. Иллит – одна из разновидностей глин, очень пластичная наряду с каолинитом, являющаяся продуктом выветривания. Нами установлено [9], что по спектральному отражению иллит идентичен такырам (рис. 2) Данный факт косвенно подтверждает предположение [10] о такырах как поставщике пыльных частиц в атмосферу.

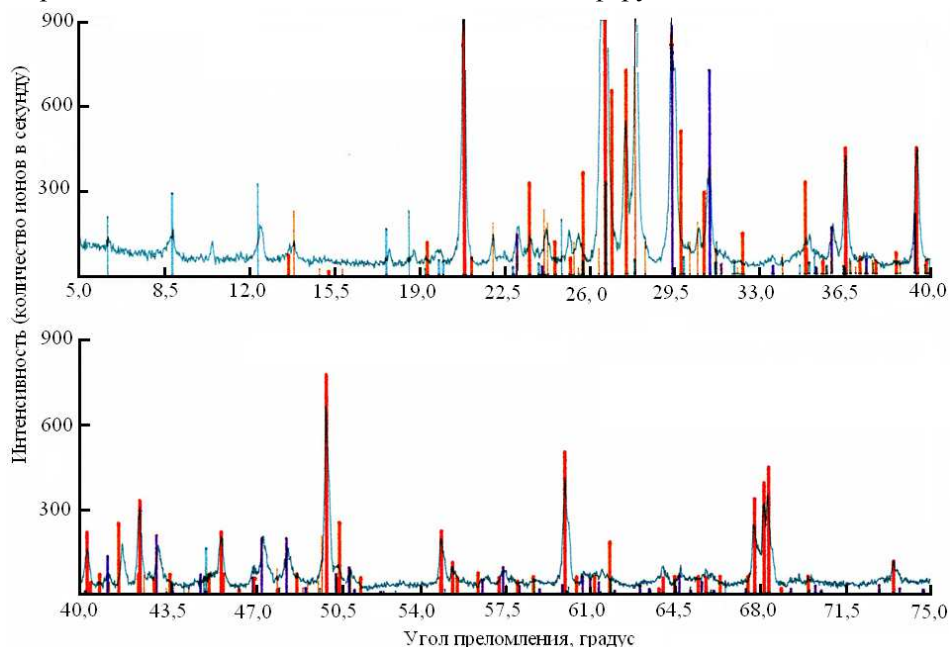


Рис. 1. Результаты спектрального анализа пыли рентгеноструктурным методом XRD (x-ray diffraction method).

Известно, что такырная корка отличается своей твердостью, разрушить которую могут природные или антропогенные факторы, обладающие достаточным потенциалом. Факт того, что такое разрушение происходит, показывают многолетние наблюдения за гипсометрическими отметками такыра Совма в Центральных Каракумах. С плотной поверхности этого такыра, сформированного из аллювиальных отложений древней дельты реки Теджен, выдувается эолового материала в среднем 0,06...0,07 см/год. В различных районах пустынь Центральной Азии по наблюдениям Б.А. Федоровича и А.Т. Леваднюка на припесчаненных такырах и такыровидных отложениях рек Зеравшан и Мургаб такой вынос пылеватых частиц составляет 0,16...0,33 см/год [2].

Из природных факторов, выбивающих пылеватые частички из такырной корки, является ветровая эрозия, связанная с сезонным движением ветропесчаного потока по такырной поверхности в широтном направлении. Этот факт можно визуальнo наблюдать во время сильных ветров, когда над такырами возникает дымка из пыли. Такыры в районе исследований приурочены к межбарханным понижениям, поэтому вполне вероятно, что ветропесчаный поток, обладая абразивными свойствами, «стачивает» их поверхность или же частицы песка, ударяясь о твердую такырную корку частично разрушаются на более мелкие пылеватые составляющие.

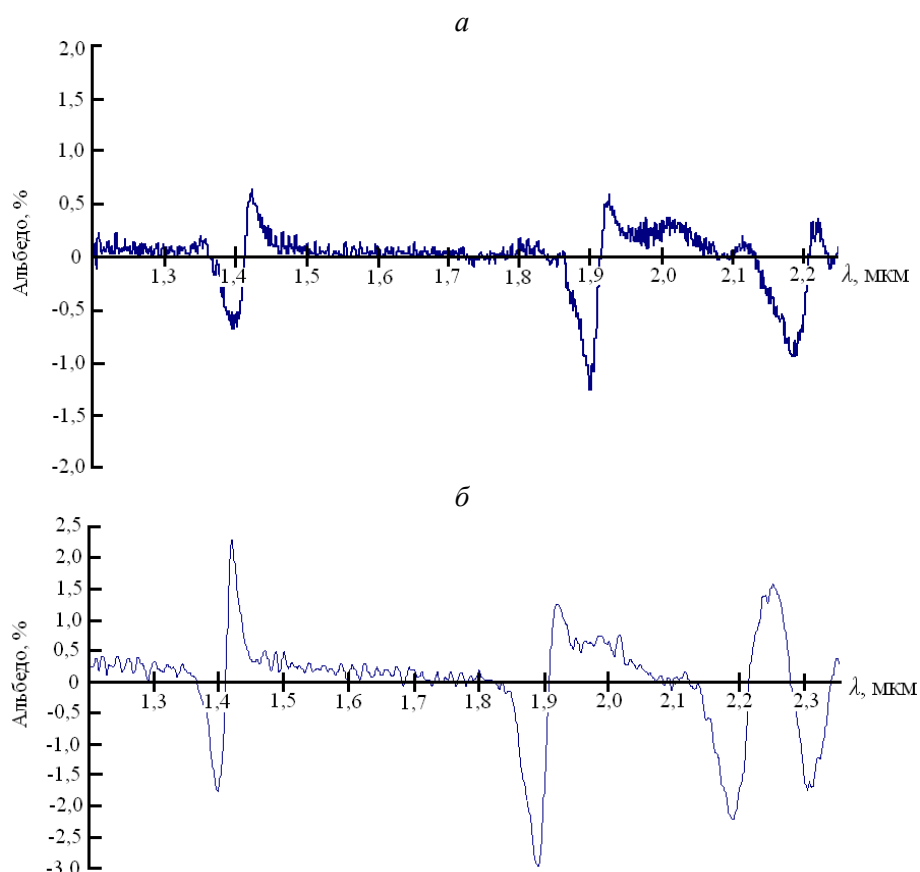


Рис. 2. Спектральное отражение такыра (а) и иллита (б), полученное при помощи спектрометра FieldSpecFR с длиной волны 350...2500 нм.

Возможность и механизм образования пыли за счет ударов песчаных частиц о поверхность такыров во время прохождения ветропесчаного потока до сих пор не рассматривались. В теории удара потеря механической энергии при ударе учитывается коэффициентом восстановления (K). Так для песчаной частицы, движущейся по поверхности такыра, значение

$K = 0,6...0,7$. Тогда потерю энергии для песчаных частиц (фракция 0,15...0,20 мм) можно найти по формуле [3]:

$$n = 1 - K^2, \quad (1)$$

т.е. n в процентах составляет 51...64 %. Этот вопрос требует особого рассмотрения, так как известно, что траектории сальтирующих песчаных частиц имеют вид парабол, с одной из ветвей вытянутой по потоку. Среднюю скорость движения ($V_{cp.}$) песчаных частиц в ветропесчаном потоке можно оценить по приближенной формуле [4]:

$$V_{cp.} = 0,42(V_{1,0} - 4), \quad (2)$$

где $V_{1,0}$ – скорость ветра на высоте 1 метр от песчаной поверхности, м/с.

В теорию удара [5] вводится понятие критической скорости V_k . Под критической скоростью понимают скорость тела в момент падения, при которой тело разрушается. Для песчаной частицы V_k можно оценить приближенно, приравняв среднюю скорость к критической $V_{cp.} = V_k$, по формуле:

$$2,4V_k = V_{1,0} - 4. \quad (3)$$

Для решения нашей задачи особый интерес представляет не сама критическая скорость, а скорость ветра, входящая в формулу (3)

$$V_{1,0} = 2,4V_k + 4. \quad (4)$$

Ниже в таблице приводятся средние значения V_k для некоторых материалов. Согласно этим данным, среднее значение критической скорости для горных пород составляет 26 м/с, для такыров – 20 м/с. По формуле (4) найдем скорость ветра, соответствующую этим значениям критической скорости: для горных пород $V_{1,0} = 66,4$ м/с, для такыров $V_{1,0} = 52$ м/с. Таких высоких скоростей ветра, превышающих скорость урагана в 2 раза, в песчаных пустынях не наблюдается.

Таблица

Средние значения критической скорости ветра для различных материалов

Материал	V_k , м/с
Горные породы	26
Кварц	93
Такыр	20

В связи с этим авторы высказывают свою точку зрения на критическую скорость непосредственно в месте падения песчаной частицы на поверхность такыра. Место падения называют точкой контакта песчаных

частиц с субстратом такыра. Учитывая, что песчаные частицы в большинстве своем имеют угловатую форму, то в местах контакта площадь соприкосновения песчаной частицы с поверхностью такыра очень мала, вследствие чего сила ударного импульса (в точке контакта) может возрасти, примерно, на один порядок. Иными словами, уменьшение площади контакта равносильно увеличению силы ударного импульса. В связи с чем, формула (4) примет вид:

$$V_{1,0} = 0,24V_k + 4. \quad (5)$$

Тогда для горных пород $V_{1,0} = 10,24$ м/с, для такыров $V_{1,0} = 8,8$ м/с.

Хорошо известна работа пескоструйных аппаратов, в которых летящие песчаные частицы абразивно воздействуют на твердый материал (стекло, металлы и др.), т.е. матируют его или шлифуют. В нашем случае, в местах контакта происходит, в основном, разрушение материала такырной корки, как более мягкого и менее прочного по сравнению с кварцевыми или полевошпатными частицами песка. Точных и надежных данных о критической скорости и площади соприкосновения в точках контакта не имеется, поэтому нами их оценка дана ориентировочно. Описанный здесь процесс разрушения такыра может теоретически объяснить образование пыли на такырных поверхностях во время прохождения ветропесчаного потока.

Хотя оголенные почвы менее эрозионноустойчивы, чем задерненные, сила сцепления глинистых частиц в прочной такырной корке позволяет ветропесчаному потоку разрушать и выносить с ее поверхности частицы пыли. Разрушение такырной корки может также происходить механически (транспортный трафик, скотопрогон и т.п.) или же в результате водной или капельной эрозии во время ливневых дождей. Под действием падающих во время ливня капель, обладающих значительной энергией, до появления поверхностного стока происходит процесс разбрызгивания. Ударяясь о поверхность корки такыра, капли разбрызгиваются по сторонам, отрывая при этом мелкие илистые частицы почвы [7].

Начальный период развития эрозии явление кратковременное и интенсивное. В результате воздействия капельной эрозии поверхность такыров в той или иной степени разрушается, трещины такырной корки заплывают, и при этом резко уменьшается инфильтрация воды. Из-за несоответствия между количеством выпадающих осадков и инфильтрационной способностью такыров на его поверхности начинается сток, а также смыв илистых частиц и солей. Как показали наши наблюдения, количество взвешен-

ных наносов в мутной такырной воде составляет 10...12 г/дм³ или приблизительно твердый сток с такыров составляет 150...200 т в год с 1 км² [6].

В начальном периоде образования стока водой заполняются микропонижения на поверхности такыров, затем поверхностный сток со всей площади направляется в сторону наибольшего уклона местности. Продукты эрозии сначала отлагаются в микропонижениях, образуя в них тонкие наилки, которые после высыхания скручиваются, превращаясь в так называемые «папирусы». Более того, папирусы при сильных ветрах в ветропесчаном потоке довольно легко разрушаются и уносятся. Затем после заполнения понижений поверхностный сток и смыв охватывает общую территорию и направляется в виде мутного потока по уклону мезорельефа местности, по ходу которого образуются линейные формы проявления эрозии. Вода поверхностного стока с продуктами эрозии заполняет естественные или искусственные понижения (каки, ойтаки, гуйма, бенты), а местами достигая кромки песков, быстро фильтруется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аламанов С.К., Лелевкин В.М., Подрезов О.А., Подрезов А.О. Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии. – Москва-Бишкек: 2006. – 188 с.
2. Арнагельдыев А. Об основных факторах опустынивания в Центральной Азии // Проблемы освоения пустынь. – 1999. – №4. – С. 3-9.
3. Иванов А.П. Физические основы дефляции песков пустыни. – Ашхабад: Ылым, 1972. – 112 с.
4. Иванов А.П. Формирование профилей эоловых форм рельефа песчаных пустынь. – Ашхабад: Ылым, 1989. – 67 с.
5. Кобранова В.Н. Физические свойства горных пород. – М.: Гостехиздат, 1962. – 490 с.
6. Мамедов Б.К. К вопросу водоподготовки такырных вод с целью их подземного магазинирования // Эколого-географические аспекты особенностей пустынь. – Ашхабад: Ылым, 1987. – С. 27-29.
7. Нурбердыев К. О почвообразовании и эрозии на такырах // Проблемы освоения пустынь. – 1982. – №5. – С. 9-17.
8. Groll, M., Masberg, P., Opp Ch. Long term analysis of aeolian dust in Central Asia. In: Opp Ch.&Groll, M. (Eds.) Abstracts of international dust&sand storm symposium “DSS and desertification”, Marburg, 2009: P. 46-51.

9. Maman S., Orlovsky L., Blumberg D.G., Berliner P., Mamedov B. Land-cover change study of takyr surfaces in Turkmenistan // Journal of Arid Environments. – Volume 75. – Issue 3. – 2011. – P. 842-850.
10. Singer A., Zobeck T., Poberezsky L., Agraman E. The PM10 and PM2.5 dust generation potential of soils/sediments in Southern Aral Sea Basin // Journal of arid environments, 2002. – P. 705-728.

Поступила 20.04.2012

Ауыл-шар. ғылымд. канд. Б.К. Мамедов
Геогр. ғылымд. канд. А.П. Иванов
Геогр. ғылымд. докторы А. Арнагельдыев

ТАҚЫРДАҒЫ ЭРОЗИЯЛЫҚ ПРОЦЕССТЕР

Шаңның шығуымен байланысты тақырдағы эрозиялық процесстер зерттелді. Тақыр бетіне құмды жел ағын әсерінің түрлілі сипатын дәлелдейтін есептеулер жүргізілді. Су эрозиясының механизмі сипатталған.

УДК 631.6:631.445.53(574.2)

Канд. с-х. наук Т.Р. Рыспеков*

**ЗАВИСИМОСТЬ ДАННЫХ ПОЧВЕННЫХ ТЕРМОМЕТРОВ ОТ ИХ
РАСПОЛОЖЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ГЕНЕТИЧЕСКИХ
ПОЧВЕННЫХ ТРЕЩИН В СТЕПНОЙ ЗОНЕ КАЗАХСТАНА**

*ТРЕЩИНЫ, МЕЖТРЕЩИННЫЕ ПРОСТРАНСТВА, ОСАДКИ,
ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ, ТЕРМОМЕТРЫ ГЛУБИННЫЕ*

В статье предлагается новый подход для анализа данных температуры почвенными термометрами. Эти данные имеют зависимость от расположения термометров, т.е. от удаленности их от генетических почвенных трещин.

Исследования тепловых свойств почв и особенностей годовой динамики их температур необходимы при детальном исследовании всех процессов, протекающих в них, при количественных расчетах соле-, водо- и газопереносов. Колебания температуры почвы – важный компонент почвенного микроклимата. Следуя годичным циклам изменения температуры воздуха, температура почвы оказывает существенное влияние на многие протекающие в ней процессы. С тепловым режимом почв тесно связаны начало и конец вегетационного периода, пространственное размещение растений, характер распространения корневых систем, скорость поступления к корням питательных элементов [4].

По данным [2] климатические условия подзоны типичных (черноземных) степей характеризуются показателями: средняя температура воздуха в июле – 18...20 °С, сумма активных температур – 2200...2400 °С, осадки за год – 370...420 мм, испаряемость – 710...720 мм, коэффициент атмосферного увлажнения – 0,55...0,60. А климатические условия в подзоне сухих степей характеризуются показателями: 20...22 °С, 2400...2600 °С, 320...370 мм, 730...740 мм и 0,45...0,50 соответственно. В Северном Казахстане максимум осадков в большинстве областей приходится на июль-август, с проявлением в весенне-летний период почвенных засух [3]. В работе [6] говорится о климатических особенностях возникновения засух в Казахстане, где приводится

* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

критерий Н.В. Бова, параметр S_i предложенный А.А. Педем и других для изучения и определения интенсивности засухи. Климатический коэффициент Бова использует в своей работе Васько И.А. [1].

Авторы [6] при изучении интенсивности атмосферно-почвенной засухи на i -й станции решили не учитывать почвенную засуху. Они пишут: «Поскольку данные по влагозапасам деятельного слоя почвы, необходимые для определения атмосферно-почвенных и почвенных засух, не имеют длительного периода наблюдений, поэтому в этой работе рассматривались только атмосферные засухи...». В книге [7] говорится, что почва представляет собой многофазную капиллярно-пористую систему, теплопередача внутри которой осуществляется одновременно: теплопроводностью внутри частиц – элементов твердой фазы и в местах их непосредственных контактов; излучением от частицы к частице; конвекцией и теплопроводностью в межпоровом пространстве и в результате переноса влаги. А нахождение температурного поля в среде, где действуют все эти факторы, является задачей исключительной сложности.

Исследования [1, 6] и др. показали существование проблемы в данном регионе по вопросам прогноза почвенных засух и приблизили нас к идеи о выделении существенной роли генетических трещин в формировании температурного режима почв степной зоны Казахстана [5]. Исследуемые трещины, несомненно, участвуют в этих процессах, но про них сложно было говорить на тот момент, потому что еще не была выяснена их функциональная роль.

Автор поставил перед собой цель – использовать статистические данные по температуре почвы для того, чтобы показать зависимость температурных данных от расположения почвенных термометров на трещине, в центре межтрещинного пространства (МП) и между ними. В дальнейшем это можно будет применить для более точного расчета теплового баланса почвы исследуемой территории. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- показать функционирование трещиноватой почвы в летний период;
- показать изменение температуры почвы до осадков, во время и после их выпадения на различных глубинах, как их зависимость от наличия почвенных трещин;
- показать схемы вариантов расположения почвенных термометров и их зависимость относительно расположения в трещине, межтрещинном пространстве и между ними.

Температура почвы определяется притоком солнечной радиации и тепловыми свойствами самой почвы. Поэтому в связи с функционированием трещин в почвах степной зоны Казахстана предлагается учитывать эти особенности для установления более точного температурного режима почвы.

На данный момент времени почвенные термометры установлены на всех метеостанциях без учета от расположения трещин. Однако, при этом нарушается принцип целостности функционирования экосистемы.

Летом, когда раскрываются трещины, то возникают дополнительные векторы движения потоков вещества и энергии. На определенных участках почвы образуются боковые, диагональные и вертикальные движения потоков тепла, влаги, солей и т.п. (рис. 1). Возникновение дополнительных векторов движения вещества и энергии, связанных с трещинами, создаёт новый подход к анализу температуры в профиле почвы степной зоны Казахстана в летний период.

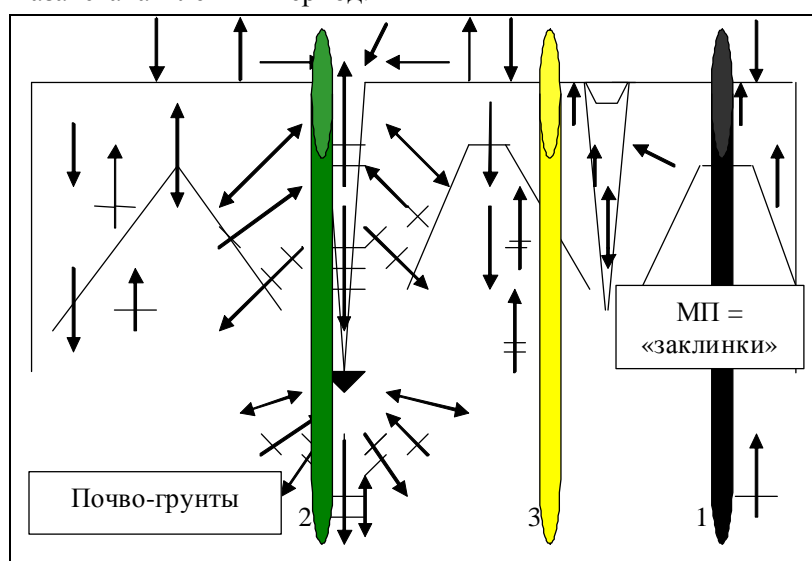


Рис. 1. Возможные варианты расположения вытяжных термометров ТТ №160 в почвах степной зоны Казахстана. 1 – наиболее стабильные показатели в центре межтрещинных пространств; 2 – наиболее динамичные данные на линии трещин; 3 – промежуточные данные между крайними точками, то есть между центром МП и трещинной.

Только участие в экспедициях по территории Северного Казахстана показало нам, что почвы (от каштановых до обыкновенных черноземов) этих территорий с поверхности и до почво-грунтов имеют трещины. Для выявления их роли следует рассмотреть множество элементов объекта в

совокупности отношений и связей между ними, а в нашем случае – еще и с учетом вариабельности температуры почвы на разных глубинах.

Анализ химических, биологических, физических, морфологических, теоретических данных на протяжении многих лет позволил сформулировать состояние почв и функцию трещин в процессах растворения, осаждения, испарения, диффузии и т.д. в середине лета. Анализ температуры почвы в летний период за 1986...2006 гг. позволяет вывести такие показатели как теплообмен в элювиальном слое почвенного профиля, теплопроводность почвы, которые являются актуальными на современном этапе. Эти показатели связаны с переносом компонентов газовой смеси или раствора под влиянием разности температур.

Считается что теплопроводность минеральной части в среднем в 100 раз больше, чем воздуха, а воды – в 28 раз. Поэтому чем влажнее почва, тем больше ее теплопроводность, а чем рыхлее – тем теплопроводность меньше [4]. Такой подход характерен для всех классических почв с горизонтальным расположением генетических горизонтов. Тепловой режим почвы может быть всесторонне описан на основе совместного рассмотрения процессов молекулярной теплопроводности в почве и турбулентной теплопроводности в контактирующем с ней слое воздуха [7]. Но имеются еще и другие примеры, где теплопроводность имеет более сложный характер.

Сложный характер теплопроводности изучаемой нами почвы связан как с разным увлажнением почвенных частей, так и с разной скоростью высыхания, из-за которого может быстро измениться температура на глубине в местах прохождения трещин. Причина и вариабельность этих быстрых изменений температуры почвы, кроется в том, что поступление тепла или холода по трещине может быть более глубокой, чем на межтрещинном пространстве (рис. 1).

Поэтому на этой территории следует производить измерение температуры почвы с учетом таких особенностей. Необходимо интерпретировать данные в зависимости от расположения почвенных термометров, с учетом их удаленности от почвенных трещин. А также учитывать роль «разовых» осадков на изменение температуры верхних и нижних слоев почвы.

Такой подход уменьшит «подозрительную» вариабельность данных термометра или объяснит противоречивые данные между показателями близлежащих почвенных термометров, которые вызваны функциями трещин этой территории. Мы пересмотрели имеющиеся данные с привязкой на то, что эти два факта: высокая вариабельность почвенной темпера-

туры и функции почвенных трещин не увязаны между собой. Вариабельность данных почвенных температур усиливается или уменьшается в зависимости от расположения установленных почвенных термометров – от расстояния и положения генетических почвенных трещин. В данном случае автор имеет новый взгляд на стационарные данные температуры почвы – это когда термометры расположены на самой трещине, по центру межтрещинного пространства (МП) или между ними.

Проведен анализ статистических данных М Диевская, М Кушмурун, М Комсомолец и других о температуре на разных глубинах в почве в летний период за 1986...2006 гг. Например, возьмем анализ температуры верхних слоев почвы в подзоне очень сухих степей в летний период. Воспользуемся для этого посуточным определением максимально выпавших осадков и данными по температуре почвы в эти сроки.

По данным М Аркалык максимально разовые осадки выпали: 22,3 мм – 07.06.2003; 25,4 мм – 01.07.1987; 51,6 мм – 05.07.2003; 33,2 мм – 13.07.2005 гг. Осадки 51,6 мм выпали после 2-х дневных выпавших осадков объемом 4,6 и 9,3 мм. Следующие 2 дня также зафиксированы осадки – 10,1 и 6,4 мм. 08.06.2003 г. мы наблюдаем, что температура почвы в слоях 15 и 20 см ниже по сравнению с температурами до и в день выпадения осадков (табл. 1). В июльские и августовские дни эта закономерность сохраняется. В некоторые определяемые сроки температура почвы, после выпадения осадков, понижается и в остальных слоях (табл. 1). Максимальная разница температуры почвы до и после осадков 33,2 мм – 13.07.2005 г. на глубине 0,5 см – 9,4 °С; 10 см – 7,3 °С; 15 см – 6,2 °С; 20 см достигает 5,5 °С.

Теперь сравним осадки 25,4 мм – 01.07.1987 г. с осадками 51,6 мм – 05.07.2003 г., температура во всех случаях выше 01.07.1987 г. К исходному температурному состоянию почва приходит только 09.07.87 г. А при осадках 51,6 мм температура почвы возвращается к исходному положению (05.07.) 10.07. Без особых расчетов установить закономерности между этими двумя сроками трудно, так как имеются дни, когда осадки выпадали и в последующие дни после разовых осадков, и в предыдущие. В таких случаях использование данных более глубоких слоев должно принести свои результаты, то есть дать более точные характеристики.

Составление табл. 1 произведено без учета конкретного местоположения почвенных термометров в результате анализа статистических

данных температуры различных почвенных глубин и статистических данных количества выпавших осадков на метеостанции.

Таблица 1

Сравнение температуры почвы (°С) до, в тот же день и после выпадения максимально разовых осадков (по данным М Аркалык)

Температура почвы в день выпадения осадков, до и после них	Слои почвы, на глубине (см)				
	0 max	0,5	10	15	20
Температура почвы и количество осадков 22,3 мм – 07.06.03	12,0	11,1	12,6	13,5	13,6
Температура до осадков 06.06.03	35,0	16,5	16,4	15,8	15,9
Температура после осадков 08.06.03	23,0	13,1	13,0	12,7	12,8
Температура почвы и количество осадков 25,4 мм – 01.07.87	51,0	23,8	24,5	23,9	23,3
Температура до осадков 30.06.87	50,0	25,3	25,0	23,8	23,1
Температура после осадков 02.07.87	33,0	21,3	21,8	21,7	21,4
Температура почвы и количество осадков 51,6 мм – 05.07.03	24,0	17,9	17,4	17,6	17,6
Температура до осадков 04.07.03	28,0	20,4	19,0	18,7	18,4
Температура после осадков 06.07.03	31,0	18,3	17,6	17,3	17,2
Температура почвы и количество осадков 33,2 мм – 13.07.05	24,0	17,0	18,4	19,1	20,1
Температура до осадков 12.07.05	44,0	23,3	23,1	22,5	22,2
Температура после осадков 14.07.05	23,0	14,9	15,8	16,3	16,7
Температура почвы и количество осадков 41,4 мм – 27.08.87	20,0	14,9	16,4	17,0	-
Температура до осадков 26.08.87	28,0	17,7	18,6	18,9	-
Температура после осадков 28.08.87	20,0	12,0	13,1	14,1	-
Температура почвы и количество осадков 28,6 мм – 11.08.92	24,0	17,6	19,0	19,4	19,8
Температура до осадков 10.08.92	48,0	22,2	22,0	21,4	21,0
Температура после осадков 12.08.92	27,0	16,6	17,0	17,4	17,7
Температура почвы и количество осадков 25,2 мм – 19.08.1993	24,0	14,7	16	17,1	17,2
Температура до осадков 18.08.93	24,0	20,5	21,8	21,8	20,9
Температура после осадков 20.08.93	30,0	15,8	16,1	16,4	16,4
Температура почвы и количество осадков 22,0 мм – 25.08.01	18,0	15	16,7	17,6	18,1
Температура до осадков 24.08.01	44,0	18,2	18,4	18,4	18,6
Температура после осадков 26.08.01	26,0	13,4	14,0	14,9	15,7
Температура почвы и количество осадков 23,2 мм – 01.08.04	33,0	17,3	18,2	19,5	19,5
Температура до осадков 31.07.04	29,0	20,3	21,1	22,1	21,6
Температура после осадков 02.08.04	25,0	16,8	17,9	18,3	18,3
Температура почвы и количество осадков 20,9 мм – 06.08.04	23,0	14,9	16,2	15,8	15,8

Температура почвы в день выпадения осадков, до и после них	Слои почвы, на глубине (см)				
	0 max	0,5	10	15	20
Температура до осадков 05.08.04	18,0	14,8	15,7	16,6	16,7
Температура после осадков 07.08.04	30,0	15,2	15,3	15,9	15,7
Температура почвы и количество осадков 38,9 мм – 21.08.05	23,0	17,8	19,3	20,4	-
Температура до осадков 20.08.05	46,0	23,9	23,0	22,4	-
Температура после осадков 22.08.05	17,0	12,8	13,9	15,4	-

Для другого примера рассмотрим влияние выпавших максимально «разовых» осадков в подзоне умеренно-засушливой степи на температуру почвы в июне и июле. Воспользуемся данными вытяжных термометров: ТТ №20, ТТ №40, ТТ №80, ТТ №160, ТТ №320 (табл. 2). Здесь проанализированы данные только за период 1986...1990 гг.

При выпадении осадков количеством 39,9 мм – 02.07.1987 г. разница в слое 20 см до и после их выпадения составила 4,1 °С в сторону уменьшения. При выпадении еще большего количества осадков 55,8 мм – 10.07.1989 г. разница достигла 6,5 °С в этом слое. Увеличение количества осадков повлияло на температуру почвы в слое 40 см, в этом слое температура тоже понизилась, но не так сильно. Однако, почти, во всех случаях после выпадения «разовых» осадков на глубинах 80, 160 и 320 см температура почвы повышалась, особенно хорошо это видно на глубинах 160 и 320 см. Температура после осадков 12.07.1989 г. на глубинах – 80, 160 и 320 см самая высокая. Автор также учитывает то, что сама почва прогревается с глубиной и 25.07.1986 г. на глубине 320 см температура почвы выше, чем во все остальные сроки наблюдения. Разовые осадки способствуют опусканию теплого воздуха верхних слоев на глубины – 80, 160 и 320 см.

Если при безоблачном небе наблюдается интенсивное прогревание воздуха от подстилающей поверхности, то выпадение «разовых» осадков вызывает сжатие воздуха подстилающей поверхности, который уже будет вынужден двигаться в нижние слои. Принято считать, что изменение температуры почвы и атмосферного давления, ветра и уровня грунтовых вод также вызывает объемные изменения воздуха в почве и, как следствие, общий ток его из почвы или в почву.

Поступление влаги в почву с осадками в нашем случае, возможно, вызывает более быстрое перемещение теплого воздуха верхних горизонтов почвы в нижние. В работе [7, стр. 150-151] упоминается, что силы поверхностного натяжения при заполнении пор меньше, чем при осушении их, капиллярное давление при сушке выше, чем при смачивании, при одном и том

же значении давления. В нашем случае из этого можно сделать вывод. Получается что, выдавленный «разовыми» осадками теплый воздух верхних горизонтов передвигается не только в нижние горизонты, но еще быстрее и больше из межтрещинных пространств в трещины. Следует так же считать и то, что изменение температуры в трещине влияет на остальную почвенную массу, а также на почвенные термометры и их данные.

Составление табл. 2 произведено без учета конкретного местоположения почвенных термометров в результате анализа статистических данных температуры различных почвенных глубин и статистических данных количества выпавших осадков на определенной метеостанции.

Тепловые и влагообменные процессы переплетены и перекрещены между собой и представляют собой единый энергетический акт тепломассопереноса [7]. В эти переплетения и перекрещивания летом при раскрытых трещинах следует добавить тепловой поток, который может быть направлен от поверхности вглубь почвы под углом и вертикально (летом, днем).

Таблица 2

Сравнение температуры почвы (°С) до, в тот же день и после выпадения максимально разовых осадков (по данным М Комсомолец Карабалык)

Температура почвы в день выпадения осадков, до и после них	Слои почвы, на глубине (см)				
	20	40	80	160	320
Температура почвы и количество осадков 21,8 мм – 17.06.86.	14,6	13,7	11,6	7,9	4,4
Температура до осадков 16.06.86.	15,8	13,7	11,5	7,8	4,3
Температура после осадков 18.06.86.	14,4	13,5	11,6	8,0	4,4
Температура почвы и количество осадков 22,7 мм – 26.07.86	18,9	17,8	15,6	11,7	6,4
Температура до осадков 25.07.86	19,7	17,5	15,2	11,7	6,6
Температура после осадков 27.07.86	19,3	17,9	15,8	11,7	6,7
Температура почвы и количество осадков 39,9 мм – 02.07.87	20,8	19,7	15,3	9,6	4,9
Температура до осадков 01.07.87	24,6	19,8	15,1	9,5	4,8
Температура после осадков 03.07.87	20,5	18,8	15,4	9,8	5,1
Температура почвы и количество осадков 46,9 мм – 08.07.88	20,3	18,9	15,6	10,7	5,3
Температура до осадков 07.07.88	23,4	19,0	15,3	10,5	5,3
Температура после осадков 09.07.88	19,7	18,4	15,6	10,8	5,4
Температура почвы и количество осадков 21,7 мм – 15.07.88	20,5	19,0	16,3	11,6	5,8
Температура до осадков 14.07.88	21,0	19,2	16,2	11,5	5,7
Температура после осадков 16.07.88	21,1	18,9	16,5	11,7	5,8
Температура почвы и количество осадков 55,8 мм – 10.07.89	23,1	19,6	15,9	12,4	5,9

Температура почвы в день выпадения осадков, до и после них	Слои почвы, на глубине (см)				
	20	40	80	160	320
Температура до осадков 09.07.89	25,1	19,5	15,7	12,2	5,8
Температура после осадков 11.07.89	18,6	18,5	16,1	12,5	5,9

Механизм опускания теплого воздуха верхних слоев на глубины – 80, 160 и 320 см, скорее всего, связан с дальнейшим его смещением в глубь через трещинную и поровую части и со смыканием верхней части почвы от осадков. Увеличение температуры связано с ролью трещин, а неизменность – удаленностью от трещины (25 – 27. 07.1986 г. 160 см, курсив) на этих глубинах, то есть как их зависимость от наличия расстояния до почвенных трещин.

В соответствии с рис 2 показаны варианты формирования различных участков почвы, влияющих на определение температуры почвы Савиновскими или вытяжными термометрами.

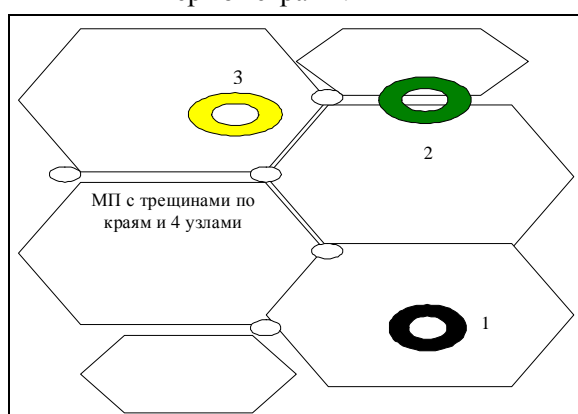


Рис. 2. Возможные варианты расположения Савиновских или вытяжных термометров и их показатели на почвах степной зоны Казахстана. 1 – наиболее стабильные показатели в центре межтрещинных пространств; 2 – наиболее изменчивые данные на линии трещин; 3 – промежуточные данные между крайними точками, то есть между центром МП и трещиной.

Выводы

1. Необходимо учитывать раскрытие трещин в летний период в зависимости от увлажненности почвы, выпадения осадков и их количества в разные периоды времени.

2. Производить измерение температуры почвы и расположение почвенных термометров с учетом почвенных трещин. А также учитывать важную роль «разовых» осадков, влияющих на температуру нижних слоев почвы.

3. Проводить климатический мониторинг, связанный с раскрытием роли трещин при различных метеорологических условиях, который позволит в дальнейшем усовершенствовать прогнозные данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васько И.А. Зависимость урожайности яровой пшеницы от метеорологических факторов / Интенсификация почвозащитного земледелия в Северном Казахстане. – Целиноград; 1989. – С. 3-12.
2. Готовец А.Ф., Нестеренко А.М., Шевченко В.А., Миллер А.А. Интенсивные технологии возделывания яровой твердой пшеницы в Казахстане / К вопросам агротехники полевых культур в Северном Казахстане. – Целиноград: 1987. – С. 22-36.
3. Николаев В.А. Ландшафты азиатских степей. – М.: МГУ, 1999. – 287 с.
4. Почвоведение в 2 частях / Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. – М.: Высшая школа, 1988. – 400 с.
5. Рыспеков Т.Р. Механизм развития трещин на освоенных почвах Северного Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2004. – № 2. – С. 140-143.
6. Турулина Г.К., Сулейменова Г.Т. Климатические особенности возникновения засух в Казахстане // Хабаршы-Вестник, Серия географическая. – 2001. – № 2 (13). – С. 75-84.
7. Чудновский А.Ф. Теплофизика почв. – М.: Наука, 1976. – 352 с.

Поступила 28.03.2012

Ауыл.-шар. ғылымд. канд. Т.Р. Рыспеков

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ДАЛА АЙМАҒЫНДА ТОПЫРАҚ ТЕРМОМЕТРЛЕРІ МӘЛІМЕТТЕРІНІҢ ГЕНЕТИКАЛЫҚ ТОПЫРАҚ ЖАРЫҚШАЛАРЫНА ҚАТЫСТЫ ОРНАЛАСУЫНА ТӘУЕЛДІЛІГІ

Мақалада топырақ термометрлері арқылы температура мәліметтерін талдау жайлы жаңа әдіс ұсынылды. Бұл мәліметтерде термометрдің орналасу тәуелділігі бар, яғни олардың генетикалық топырақ жарықшаларынан алыстауына байланысты.

УДК 631.4:626.875 (574.51)

Канд. с.-х. наук К.К. Кубенкулов*
А.Х. Наушабаев*

**ФИТОМЕЛИОРАТИВНАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ПЛОДОРОДИЯ АНТРОПОГЕННО-ДЕГРАДИРОВАННЫХ
ПУСТЫННО-ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ, ПЕРЕШЕДШИХ В
РАЗВЕВАЕМЫЕ ПЕСЧАНЫЕ БАРХАНЫ**

*ПЕСЧАНАЯ ПОЧВА, ПЛОДОРОДИЕ, БАРХАН,
ФИТОМЕЛИОРАНТ, СИЛЬНОНАБУХАЮЩИЙ ПОЛИМЕРНЫЙ
ГИДРОГЕЛЬ*

В статье рассматривается фитомелиоративная возможность закрепления подвижного бархана, образовавшегося в результате антропогенной деградации пустынно-песчаной почвы Южного Прибалхашья.

Показана возможность повышения природного запаса влаги песчаного бархана с применением сильнонабухающего полимерного гидрогеля.

Почти вся территория Республики Казахстан принадлежит к величайшей бессточной области планеты, где в её пустынных и полупустынных зонах, в силу физико-географических особенностей, песчаные почвы получили широкое распространение. Из 180 млн. га естественных пастбищ республики 35 млн. га приходится на долю песчаных пустынь.

Анализ тенденции изменения температуры приземного слоя воздуха Балхаш-Алакульской и Илийской впадин за 1935...1995 гг. показал – повышение ее среднегодовой величины на 1,4 °С, а за вегетационный период на 1,0 °С и на 2 °С за период с октября по март, т.е. лето стало жарче, а зима теплее [1]. В масштабе планеты, начиная с 1980 года до настоящего времени, среднегодовая температура воздуха, повысилась на 0,4 °С [2]. Такого явления на планете не наблюдалось последние 1000 лет. Имеющиеся прогнозы глобального потепления климата в наступившем веке указывают, что потепление на 1 °С будет способствовать распространению аридной зоны как на север, так и на юг [3].

* КазНАУ, г. Алматы

Здесь, с середины 90-х годов прошлого века, в связи с рассредоточением совхозов в мелкокрестьянские хозяйства, на местах их стоянок за сравнительно короткий период (5...7 лет) пустынно-песчаные почвы деградируя, трансформировались в подвижные песчаные барханы. Они стали спутниками мест стоянки каждого крестьянского хозяйства, создавая массу неудобств экологического, социального и экономического характера.

Авторами для определения возможности фитомелиоративного закрепления подвижного песчаного бархана в 2007 г. были изучены: сезонная динамика формы рельефа, агрогидрологические и микроклиматические особенности. В 2008 г. исследовалась приживаемость саженцев пескоукрепляющего фитомелиоранта – жузгуна белокорого.

Для исследования был выбран среднебугристый песчаный бархан, возникший в результате антропогенной деградации пустынно-песчаных почв на месте стоянки крестьянского хозяйства «Аян» (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид подвижного бархана на месте стоянки крестьянского хозяйства «Аян».

Репрезентативный для южной части Прибалхашья участок расположен в 16 км восточнее с. Бакбакты. Его координаты: 44°39' с.ш., 76°31' в.д. Участок представлен очагом овальновытянутого развеемого песчаного бархана среди пустынно-песчаной почвы. Он ориентирован с юга-востока на северо-запад. Ширина и длина в основании составляет 25 и 35 м соответственно. Наибольшая высота 7,8 м с углом откоса 45° на восток приурочены к восточной части с постепенным снижением к западу, соответственно 4 м и 25°. По форме песчаного бархана видно, что вынос

песка осуществляется юго-западными ветрами от подошвы к вершине гряды и далее часть песка скатывается по более крутому ($50...55^\circ$) северо-восточному склону. Исследования проводились на пологом наветренном юго-западном склоне и на водоразделе, где обособляются деструктивная (сдуваемая), деструктивно-аккумулятивная и аккумулятивная части. Ширина деструктивной части 18 м, деструктивно-аккумулятивной 3 м и аккумулятивной 2 м. Динамика форм рельефа изучались в период с начала апреля до конца сентября с помощью деревянных реек высотой 50 см, шириной 5 и толщиной 3 см. Каждая рейка на высоте 25 см отмечалась поперечной линией, принятой за нулевую линию. От этой линии через каждые 5 см осуществлялся поперечная разметка с минусовыми и плюсовыми отметками до 25 см. Рейки заглублялись в почву до нулевой линии и выставлялись в шахматном порядке (через 1,5 м), на средней части бархана шириной 6 м, охватывая наветренный склон и водораздел. Учет за делениями реек производился в середине каждого месяца. По обнажению (в сторону минуса) или засыпанию (в сторону плюса) реек устанавливалась интенсивность выдувания или накопления песка (рис. 2). На метеоплощадках коленчатыми термометрами наблюдали за температурой почвы. Термометры устанавливали на глубинах 0, 20 и 40 см [4]. Отсчет производился в ясные солнечные дни в 13:00 часов по местному времени. Параллельно велись наблюдения за полевой влажностью почвы на глубинах 0...20, 20...40, 40...60, 60...80, 80...100 см. Здесь же для изучения литологического строения бархана, гранулометрического состава и засоленности отбирались почвенные образцы через каждые 20 см до глубины 3 м.



Рис. 2. Юго-западная часть среднебугристого бархана. Установка измерительных реек.

Отбор наиболее перспективных фитомелиорантов для закрепления подвижных песков осуществлялся на основании анализа литературных источников [5, 7, 11].

Климат района наших исследований отличается сильной засушливостью и резкой континентальностью. Среднегодовая температура воздуха изменяется в пределах 8,5...8,9 °С. Средняя температура самого холодного (январь) месяца – -9,4...-12,3 °С, а самого жаркого (июль) +23,1...+24,7 °С. Среднегодовая амплитуда составляет 32,5...38,5 °С. Абсолютный максимум температуры +44 °С, а минимум – -45 °С, т.е. абсолютная амплитуда достигает 89 °С, что подтверждает континентальность климата. Годовая сумма активных температур (> 10 °С) высокая – 3290...3770 °С. Продолжительность периода с температурой > 10 °С колеблется в пределах 185...190 суток. Первые заморозки наблюдаются в конце сентября, а последние наблюдаются в конце апреля. Продолжительность безморозного периода 158...166 суток. Среднегодовое количество атмосферных осадков составляет всего лишь 135...198 мм. Их основная часть приходится на теплое (весеннее) время (34 %) года. В летние месяцы относительная влажность воздуха очень низкая (25...29 %). Устойчивый снежный покров формируется в первой половине декабря. Средняя продолжительность зимнего периода составляет 80 суток. Самый мощный снежный покров (10 см) формируется в конце зимнего периода. Господствующее направление ветра – северо-восточное.

Строение, состав и свойства песчаного бархана

Из данных табл. 1 следует, что параметры частей исследуемого бархана равнозначны и представлены в следующих соотношениях: деструктивная 60 %, деструктивно-аккумулятивная 30 % и 10 % аккумулятивная.

Таблица 1

Поперечный профиль средней части песчаного бархана

Деструктивная (нижняя часть)								Деструктивно-аккумулятивная (средняя часть)	Аккумулятивная (верхняя часть)	
Номера реек										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Относительная высота поперечного сечения песчаного бархана, см										
48	101	171	231	286	345	417	518	600	728	780

Гранулометрический состав профиля развеваемого песчаного бархана по составу механических элементов гетерогенный как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях (табл. 2). Он сложен из крупнопылевато-

мелкопесчаных древнеаллювиальных отложений, о чем свидетельствует фракционный состав механических элементов нижних слоев (60...100 см) деструктивной части соответствующий связанным пескам. Об аллювиальности бархана говорят слоистость и резкое изменение составов фракций по профилю. Так, например, если горизонт (60...80 см) имеет связанный песчаный состав и представлен на 76 % фракцией крупного песка, то вышележащие (0...60 см) имеют рыхлопесчаный состав. Они сильно обеднены пылевато-иловатыми частицами. Отсюда следует, что древне-аллювиальные отложения р. Или, на которых формировалась пустынно-песчаная почва, после эоловой переработки трансформировались из связанного песка в рыхлый песок. Об этом свидетельствует данные фракционного состава механических элементов средней и верхней части бархана. При этом исключительной обедненностью илстыми частицами отличаются верхние слои аккумулятивной части, где их содержание составляет всего 0,16 %.

Таблица 2

Гранулометрический состав песчаного бархана

Глубина образца, см	Гигроскопическая вода, %	Содержание фракции в % на абсолютно сухую почву						Σ фракций < 0,01 мм
		песок		пыль		ил		
		1...0,25	0,25...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001	< 0,001	
Деструктивная часть								
0...20	0,4	2,65	92,45	1,93	0,56	0,92	1,49	2,97
20...40	0,4	2,28	90,58	3,49	0,84	0,92	1,89	3,65
40...60	0,4	1,87	89,82	4,90	0,80	0,88	1,73	3,41
60...80	0,4	1,21	75,78	13,4	2,41	4,10	3,09	9,60
80...100	0,4	1,42	78,30	12,5	0,01	3,61	2,21	7,83
Деструктивно-аккумулятивная часть								
0...20	0,4	2,08	91,42	3,57	0,48	1,12	1,33	2,93
20...40	0,4	2,50	91,97	2,41	0,88	1,20	1,04	3,12
40...60	0,4	2,47	89,22	3,45	1,16	1,85	1,85	4,86
60...80	0,4	2,43	89,59	3,65	0,88	2,57	0,88	4,33
80...100	0,4	2,55	93,68	0,64	0,48	1,45	1,20	3,13
Аккумулятивная часть								
0...20	0,4	7,22	89,77	1,45	0,56	0,84	0,16	1,56
20...40	0,4	3,28	93,56	0,92	0,64	1,00	0,60	2,24
40...60	0,4	3,22	91,48	1,20	1,29	1,89	0,92	4,10
60...80	0,4	1,97	92,25	3,17	0,48	0,72	1,41	2,61
80...100	0,4	2,30	92,85	2,01	0,64	1,08	1,12	2,84

В целом метровый слой аккумулятивно-деструктивной и аккумулятивной частей имеют рыхлопесчаный состав. Наличие в них отдельных утяжеленных прослоек, заметно отличающихся от верхних и нижних горизонтов, определяет мощность эоловой переработки. Следует отметить, что эта особенность (слоистость) может существенно отразиться на водном режиме бархана.

Данные анализа водной вытяжки показывают его незасоленность (табл. 3). Содержание воднорастворимых солей в большинстве случаев менее 0,07 %. При указанных соотношениях ионов почвенный раствор имеет реакцию от нейтральной до слабощелочной.

Таблица 3

Содержание воднорастворимых солей в песчаном бархане (сумма солей, %).

Глубина образца, см	Место отбора		
	деструктивная часть	деструктивно-аккумулятивная часть	аккумулятивная часть
0...20	0,067	0,088	0,055
20...40	0,060	0,066	0,057
40...60	0,069	0,068	0,068
60...80	0,071	0,094	0,066
80...100	0,077	0,155	0,076

Таким образом, по гранулометрическому составу и составу почвенного раствора изучаемый нами объект – обособленный очаг развеваемого песчаного бархана, образовавшегося в результате антропогенной деградации песчано-пустынной почвы, вполне устраивает как субстрат для выращивания саженцев почво- и пастбищезащитных древесно-кустарниковых насаждений.

Динамика формы рельефа песчаного бархана

Проведенные наблюдения за песчаным барханом показали наличие заметных изменений его формы. Отдельные его части, особенно, средние и верхние наветренного юго-западного склона, подверглись выдуванию до глубины 10...18 см с выносом материала в водораздельную часть. Это привело к ее приросту на 35 см (рис. 3), что может быть объяснено преобладанием в это время года (весенне-летний период) ветров юго-восточного румба. Необходимо отметить, что формы бархана, сформировавшиеся к осени за осенне-весенний период, в связи с повышенной влажностью подвержены слабому изменению, несмотря на ветры северо-восточного румба, преобладающие в это время года.

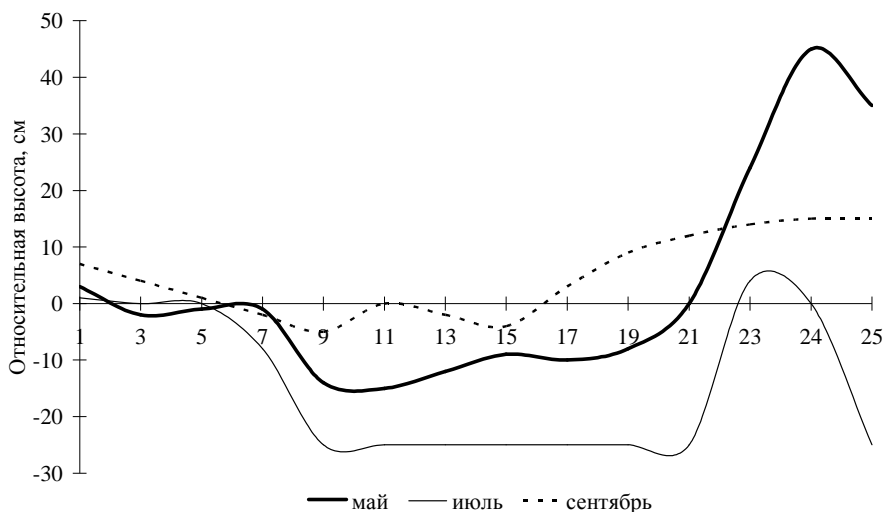


Рис. 3. Динамика форм рельефа песчаного бархана.

Гидротермический режим песчаного бархана

Наблюдения за влажностью развеваемого песка, приведенные в табл. 4, показывают, что влажность бархана постепенно возрастает до глубины 3-х метров. В деструктивной части, в начале апреля (8.04.07 г.) влажность песка составила в поверхностных слоях около 4 % с последующим возрастанием до 9,8 % на глубине 3 м, в аккумулятивной – она соответственно составила 2,4 и 3,5 %. В мае (14.05.07 г.) влажность корнеобитаемого слоя (0...40 см) деструктивной и деструктивно-аккумулятивной частей бархана снизилась по сравнению с апрельской и составляла около 2 %. А в аккумулятивной – ниже одного процента, то есть ниже влажности завядания (~1,5 %) песчаных почв [10]. Исключение составила влажность на глубине 20...40 см (2,97 %), что объясняется прошедшим дождем (4 днями раньше), увлажнившим поверхностный слой песчаного бархана и погребение его в последующие дни.

Более высокая влажность песка (1,5...2 раза) в денудационной и денудационно-аккумулятивной зонах бархана по сравнению с аккумулятивной, может быть объяснена выпадением большего количества конденсационной влаги из приземного слоя атмосферы в ночные и предутренние часы. Надо отметить, что это происходит при равных количествах выпадающих осадков в условиях отсутствия поверхностного стока, глубокого залегания грунтовых вод и низкой водоподъемной способности песка.

Немаловажным показателем в определении фитомелиоративной возможности закрепления развеваемых песчаных барханов является его

температурный режим, определяющий выбор состава фитомелиорантов. С этой целью авторами была изучена динамика термического режима верхнего 40 см слоя песчаного бархана.

Таблица 4

Динамика полевой влажности различных частей песчаного бархана
(2007...2008 гг.)

Апрель		Май		Июль		Сентябрь	
глубина, см	влажность, %	глубина, см	влажность, %	глубина, см	влажность, %	глубина, см	влажность, %
Деструктивная часть							
0...20	3,70	0...20	1,38	0...8	0,20	0...8	0,46
20...40	4,38	20...40	0,73	8...20	2,89	20...40	0,08
40...60	5,06	40...60	2,55	20...40	3,08	40...60	0,64
60...80	5,07	60...80	2,97	40...60	3,22	60...80	0,08
80...100	6,01	80...100	3,5	60...80	3,28	80...100	1,78
140...160	5,82			80...100	3,50		
190...200	6,72						
240...260	9,84						
280...300	9,80						
Деструктивно-аккумулятивная часть							
0...20	3,4/2,98	0...20	2,52	0...12	0,27/2,70	0...20	1,44
20...40	3,58/3,58	20...40	1,13	12...20	2,35/3,78	20...40	0,85
40...60	4,58/4,21	40...60	3,52	20...40	2,84/5,00	40...60	0,76
60...80	4,91/4,33	60...80	5,24	40...60	2,94/5,67	60...80	2,07
80...100	5,03/6,04	80...100	4,33	60...80	3,92/5,78	80...100	2,38
140...160	5,52			80...100	3,07		
190...200	5,81						
240...260	17,1						
280...300	20,3						
Аккумулятивная часть							
0...20	2,37/1,95	0...20	0,37	0...20	0,51/0,10	0...20	0,45
20...40	1,82/1,70	20...40	2,97	20...40	0,13/2,00	20...40	0,33
40...60	2,27/2,26	40...60	0,77	40...60	1,58/2,25	40...60	0,86
60...80	2,43/2,43	60...80	0,62	60...80	1,81/3,38	60...80	2,08
80...100	2,85/3,56	80...100	0,97	80...100	1,88/4,04	80...100	0,75
140...160	3,24						
190...200	2,92						
240...260	3,72						
280...300	3,49						

Согласно данным табл. 5, в первой декаде апреля (8.04.07) суточный максимальный нагрев поверхности почвы к 13 часам составил 24...27 °С, уменьшаясь до 14...16 °С на глубине расположения корневой системы саженцев (40 см). В начале второй декады мая (14.05.07) эти показатели соответственно достигали 26...28 °С и 20...23 °С, что вполне благоприятно для роста и развития корневой системы саженцев.

Таблица 5
Температурный режим развеваемого песчаного бархана (2007...2008 гг.)

Глубина, см	Температура, °С			
	апрель	май	июль	сентябрь
Деструктивная				
0	24,0	28,5	51,7	30
20	19,0	23,1	28,3	19
40	16,0	20,5	24,2	15
Деструктивно-аккумулятивная				
0	26,0/13,2	26,2	53,5/49,0	29
20	19,0/11,8	23,0	30,2/31,0	19
40	15,0/12,1	19,5	26,5/30,0	14
Аккумулятивная				
0	27,0/12,8	27,0	62,5/49,0	30
20	18,0/11,3	24,0	32,0/30,0	20
40	14,0/11,0	23,0	27,0/30,0	16

Повышение температуры воздуха к середине лета (июль) достигло своего максимума и это привело к повышению температуры поверхности песка деструктивной зоны до 51,7 °С, деструктивно-аккумулятивной до 53,5 °С и аккумулятивной до 62,5 °С; на глубинах 20 и 40 см соответственно 28,3 и 24,2, 30,2 и 26,5, 32,0 и 27,0 °С при влажности почв соответствующих зон 0,20, 0,27, 0,51 в слое 0...20 см, 2,89, 2,35 и 0,13 в слое 20...40 см и 3,08, 2,84 и 1,58 % в слое 40...60 см. Отсюда следует, что в это время года температура поверхности песчаного бархана достигает максимального значения (> 60 °С) и минимальной влажности (0,20...0,50 %), что несовместимо для роста и развития корневой системы любой растительности в этом слое. Однако, влажность почвы с глубиной резко возрастает и на глубине 40 см в деструктивной, деструктивно-аккумулятивной и аккумулятивной частях соответственно составляет 3,0, 2,6 и 1,58 %. Так как влажность корнеобитаемого слоя достигает влажности завядания растений (1,5 %), создается явная угроза выпадению лишь саженцев аккумулятивной зоны. Более того, в это время года наблюдается наименьшая относительная влажность воздуха (~ 30 %) и возрастание активности ветров юго-

западного румба. Такое сочетание метеорологических условий часто приводит к выдуванию песчаных масс из денудационной части в аккумулятивную и смещение ее водораздельной линии на 1,5 м в северо-восточном направлении с ростом высоты на 35 см.

Считаем так же весьма интересными данные о суточном температурном режиме поверхности песчаного бархана в это время года (табл. 6).

Таблица 6

Суточный температурный режим поверхностного слоя песчаного бархана в июле

Элементы рельефа	Динамика температуры, °С			
	6 ч	13 ч	15 ч	18 ч
Деструктивная	12,9	51,7	48,5	34,1
Деструктивно-аккумулятивная	12,1	53,5	49,7	35,3
Аккумулятивная	11,3	49,8	47,4	35,3

Суточная амплитуда температуры составляет ~ 40 °С. При этом утренняя температура в три раза ниже вечерней, максимум её достигается к 13 ч с постепенным снижением к 18 ч.

Полевым исследованиям предшествовало изучение некоторых характеристик сильнонабухающих полимерных гидрогелей (СПГ) в лабораторных условиях. Для установления предела набухаемости были взяты несколько кусков воздушно-сухого СПГ общей массой 10 г. Погрузив и продержав его в воде, ежечасно взвешивая до момента достижения постоянной массы, определили максимальную массу и объем СПГ. Сопоставление с исходными данными дало нам соотношение 1:12, т.е. 1 г воздушно-сухого СПГ в свободной водной среде поглощает и удерживает в воздухе 12 мл воды. Авторы испытывали морозоустойчивость СПГ, путем выдерживая при температуре -20 °С и +20 °С. Изменений в структуре и свойствах СПГ не произошло. Считая, что частицы СПГ в реальных почвенных условиях находятся под некоторым давлением массы окружающих (сверху и с боков) почв, был проведен лабораторный опыт физического моделирования путем создания реальной обстановки взаимовлияний образцов пустынно-песчаной почвы и СПГ, лежащих на глубине 20 см. Результаты проведенного опыта показали, что испытываемая почва (верхний слой развеваемого подвижного бархана) обладает достаточно высокой полной (~ 19 %) влагоемкостью с небольшим (всего ~ 1 %) разрывом от наименьшей (табл. 7). Последний может быть объяснен абсолютным преобладанием в составе испытываемой почвы мелкопесчаной фракции при очень малом содержании пылевато-иловатых частиц (всего ~ 2 %). Если наименьшая влагоемкость испытываемой почвы составляет 19,04 % или при ее объем-

ной плотности $1,45 \text{ г/см}^3$ составляет 552 т/га, то ее 5,28 %-ный прирост от внесения СПГ повышает абсолютное количество влаги в почве до 705 т/га, на 153 т/га по сравнению с почвой без СПГ. Это очень существенный фактор, повышающий водный потенциал песчаных почв пустынной зоны, который может накапливаться за осенне-весенний период и пополняться после каждого дождя.

Таблица 7

Влияние СПГ на влагоемкость почвы песчаного бархана

Варианты опыта	Влагоемкость, % от массы		
	полная	наименьшая	разница между ПВ и НВ
Контроль	$19,97 \pm 0,30$	$19,04 \pm 0,35$	0,93
Почва + СПГ	$25,39 \pm 0,26$	$24,32 \pm 0,33$	1,07
прирост	5,42	5,28	

Наши расчеты показали, что частицы СПГ, внесенные на глубину 20 см от поверхности почвы, при ее увлажнении до предельно-полевой влагоемкости больше на 36,4 % от максимального значения полевой влагоемкости.

Таким образом, применение СПГ имеет реальную возможность, повышения приживаемости семян и саженцев, выращиваемых фитомелиорантов на антропогенно-деградированных пустынно-песчаных почвах – подвижных барханах. К сожалению, объема СПГ, достаточного для проведения полевых испытаний, у его производителя, кафедры высокомолекулярных соединений КазНУ, из-за отсутствия сырья (отхода Темиртауского карбидного завода в связи с его остановкой) не оказалось. Поэтому полевой опыт в 2008 г. проводился без применения СПГ.

В качестве фитомелиоранта были использованы двухлетние сеянцы жузгуна белокурого. Заготовка саженцев осуществлялось за день до посадки их в жузгуннике местечка «Куланбасы» (рис. 4 и 5).

Наблюдения за состоянием саженцев в весенне-летний период и подсчет выживших растений в конце сентября показали значительность выпадов, особенно, в аккумулятивной части из-за выдувания целого ряда саженцев, засыпания трех и высыхания семи. Из 24 саженцев, к концу вегетационного периода, выжили только 6, или 25 %. Несколько лучше была обстановка в деструктивной и деструктивно-аккумулятивной зонах бархана, где процент выживших саженцев составили 39 и 50 % соответственно.



Рис. 4. Корневая система жузгуна белокорого в жузгуннике «Куланбасы».



Рис. 5. Общий вид саженцев в аккумулятивной части бархана.

Проведенные авторами исследования по определению фитомелиоративной возможности восстановления антропогенно-деградированных почв, перешедших в подвижные песчаные барханы, позволяет сделать следующие выводы:

- очаг среднебугристых песчаных барханов характеризуется весьма высокой сезонной (весенне-летней) мобильностью рельефа. Это выразилось в перемещении водораздельной линии на 1,5 м и ростом ее на 35 см, за счет выдувания песчаных масс денудационной части (снижение поверхности на 18 см по сравнению с исходной), что может привести к засыпанию саженцев в первой и обнажению корневой системы саженцев во второй части бархана;
- наблюдаемая высокая влажность почвы (4...5 %) корнеобитаемого слоя в деструктивной и деструктивно-аккумулятивной частях и невысокая (2 %) в аккумулятивной в ранневесенний период, оказалась низкой в летний период, близкой к влажности завядания (1,5 % для мелкопесчаного песка) у первых и равной – у второй;
- вышеотмеченное приводит к низкой приживаемости саженцев жужгуна в аккумулятивной (25 %), невысокой в деструктивной (39 %) и деструктивно-аккумулятивной (50 %) частях бархана;
- получение удовлетворительных и высоких результатов от работы по фитомелиорации подвижных среднебугристых песчаных барханов возможно при условии предварительного установления количественных характеристик сезонного изменения форм рельефа, позволяющего определить места и глубины посадки саженцев;
- применение сильнонабухающих полимерных гидрогелей позволит повысить природный водный потенциал песчаного бархана и выживаемость саженцев фитомелиорантов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пивень Е.Н. Изменение стока рек Или-Балхашского региона // Международный экологический форум Балхаш 2000. – Алматы. – 2000. – С. 36-37.
2. Изменение климата. 2001. Обобщенный доклад // Международная группа экспертов по изменению климата. Третий доклад МГЭИК по оценке. 2003. 173 с.
3. Величко. А.А., Карпачевский Л.О. Влагозапасы в почвах при глобальном потеплении климата // Почвоведение. – 1995. – №8. – С. 933-942.
4. Козловский Ф.И. О принципах стационарного исследования почв / В кн.: Принципы организации и методы стационарного изучения почв. – М.: Наука, 1976. – С. 34-61
5. Курочкина Л.Д. Кормовые растения пустынь Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1986. – 207 с.

6. Мушегян А.М. Деревья и кустарники Казахстана. – Алма-Ата: Казсельхозгиз, 1962. – 362 с.
7. Методическое указание по лесомелиоративной классификации аридных пастбищ. – Волгоград: 1985. – 13 с.
8. Федоровский Д.М. Зависимость влажности завяданий от вида растений и осмотического давления почвенного раствора // Почвоведение. – 1948. – №10. – С. 612-621.
9. Роде А.А. О наименьшей влагоемкости // Почвоведение. – 1966. – №12. – С. 43-45.
10. Левицкая З.П. Водно-физические свойства и запасы продуктивной влаги пустынно-пастбищной зоны Казахстана / Справочник. – Алма-Ата: 1973. – 237 с.
11. Сычев А.А. О стандартизации сеянцев джужгуна безлистного и их выхода в питомники Казахстана. – Алматы: Бастау, 2000. – С. 41-44.
12. Агрогидрологические свойства почв Казахстана. – Алма-Ата: 1980. – 194 с.
13. Казанский К.С., Ракова Г.В., Ениколопов Н.С. и др. Сильнонабухающие полимерные гидрогели – новые водоудерживающие почвенные добавки. // Вестник с.-хоз. науки. – 1988. – №4. – С. 125-132.
14. Нуркеева З.С. и др. Полимерные гидрогели виниловых эфиров гликолей с высоким поглощением // Материалы Всесоюз. совещ. по биологически активным полимерным реагентам для растениеводства. Нальчик. 1988. 71с.

Поступила 19.03.2012

А.-ш. ғылымд. канд. К.К. Кубенкулов
А.Х. Наушабаев

**ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰМДЫ ШАҒЫЛҒА АЙНАЛҒАН
АНТРОПОГЕНДІ-ДЕГРАДАЦИЯЛАНҒАН ШӨЛДІҢ ҚҰМДЫ
ТОПЫРАҚТЫҢ ҚҰНАРЛЫҒЫН ОРНЫНА КЕЛТІРУДІҢ
ФИТОМЕЛИОРАТИВТІК МҮМКІНДІГІ**

Мақалада Оңтүстік Балқаш маңындағы шөлді құмның антропогенді деградациясынан пайда болған жылжымалы шағылды бекітудің фитомелиоративтік мүмкіндігі қарастырылған.

Құмды шағылдың табиғи су қорын жоғарылатуда суда қатты ісінетін полимерлі гидрогелді қолданудың тиімділігі көрсетілген.

УДК 551.311.21:627.141.1

Доктор геогр. наук Б.С. Степанов *
Доктор техн. наук Р.К. Яфязова *

СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ О СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ В КАЗАХСТАНЕ (ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ)

*СЕЛИ, ОПАСНОСТЬ, ОПОВЕЩЕНИЕ, ПРЕДУПРЕЖДЕННОСТЬ,
ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ПРОГНОЗ, УЩЕРБ*

Приведено описание и результаты эксплуатации существовавших в Казахстане систем оповещения о селевой опасности, а также дано описание перспективных систем оповещения, в основу которых положена информация о возникновении селя или прогноз селевой опасности.

Сели, формирующиеся в бассейнах рек северного склона Иле Алатау, угрожают населенным пунктам и объектам хозяйственной деятельности, расположенным не только в долинах рек, но и на конусах выноса. Они могут иметь катастрофический характер, причиняющий большой материальный ущерб и вызывающий человеческие жертвы. Опасность селей вызвана, в основном, внезапностью их появления в непосредственной близости от объектов на пути их движения. Возникающая при этом паника является одной из основных причин гибели людей.

Одной из действенных мер, направленных на уменьшение ущерба движимому имуществу, здоровью и жизни людей являются информационно-предупредительные мероприятия. Их основное назначение – своевременно оповестить население о существующей и надвигающейся опасности и, тем самым, смягчить последствия катастроф. Своевременное оповещение о селях уменьшает и ущерб, наносимый гидротехническим сооружениям (водозаборным сооружениям электростанций, оросительных систем и т.д.).

Поскольку противоселевые защитные сооружения не гарантируют полной безопасности от селей на всей территории бассейнов горных рек, информационно-предупредительным мероприятиям необходимо уделять должное внимание. Они должны включать просветительские лекции-

* Казгидромет, г. Алматы

беседы об условиях формирования селей, их характеристиках, существующих селезащитных сооружениях; правилах безопасного передвижения и обустройства лагерей в селеопасных зонах; правилах поведения в условиях внезапного появления селей. Необходимо осуществлять установку информационных щитов в наиболее селеопасных зонах, а также звуковое оповещение со стационарных и передвижных станций и т.д.

Особое внимание должно уделяться прогнозированию селеопасных ситуаций и своевременному доведению получаемой информации до органов, отвечающих за безопасность в чрезвычайных ситуациях, а также населения с помощью средств массовой информации.

Начало организации Службы предупреждений о селевой опасности в бассейне р. Киши Алматы было положено Алма-Атинской гидрологической обсерваторией. Опыт этой обсерватории, а также результаты специализированных гидрографических обследований бассейнов рек Киши и Улькен Алматы, и другие материалы о селевых явлениях Иле Алатау были положены в основу разработки обоснования «Проект организации службы предупреждений г. Алматы об угрозе селей» [2].

В этом «Проекте» рассматривались:

- размещение наблюдательных пунктов;
- программа работ на этих пунктах;
- система связи;
- порядок доведения информации и предупреждений до потребителя.

В отсутствие средств автоматизации выявления селей, в качестве основных источников информации, предлагалось использовать гидрологические станции и посты, метеорологические станции, пункты визуальных наблюдений, дождемерные пункты. Пункты наблюдений предполагалось обеспечить средствами связи согласно схеме, показанной на рис. 1. Порядок доведения информации до потребителя (в сокращенном виде) устанавливался следующий:

Бюро гидрометпрогнозов (БГМП) Управления гидрометслужбы (УГМС) информирует Службу предупреждений (СП), Городскую чрезвычайную комиссию (ГЧС) и организации, расположенные в бассейнах рек Киши и Улькен Алматы, о результатах прогноза погоды. Во время выпадения дождя дежурные СП передают сведения о слое дождя, температуре воздуха и фазовом состоянии осадков по мере необходимости, но не реже чем через 30 мин. В случае угрозы возникновения или при возникновении селя дежурные СП сообщают об этом БГМП, а также дежурным гидроэлектростанций. Дежурный БГМП, в случае угрозы возникновения селя, информирует дежурного ГЧС, а при возникновении селя и председателя ГЧС.

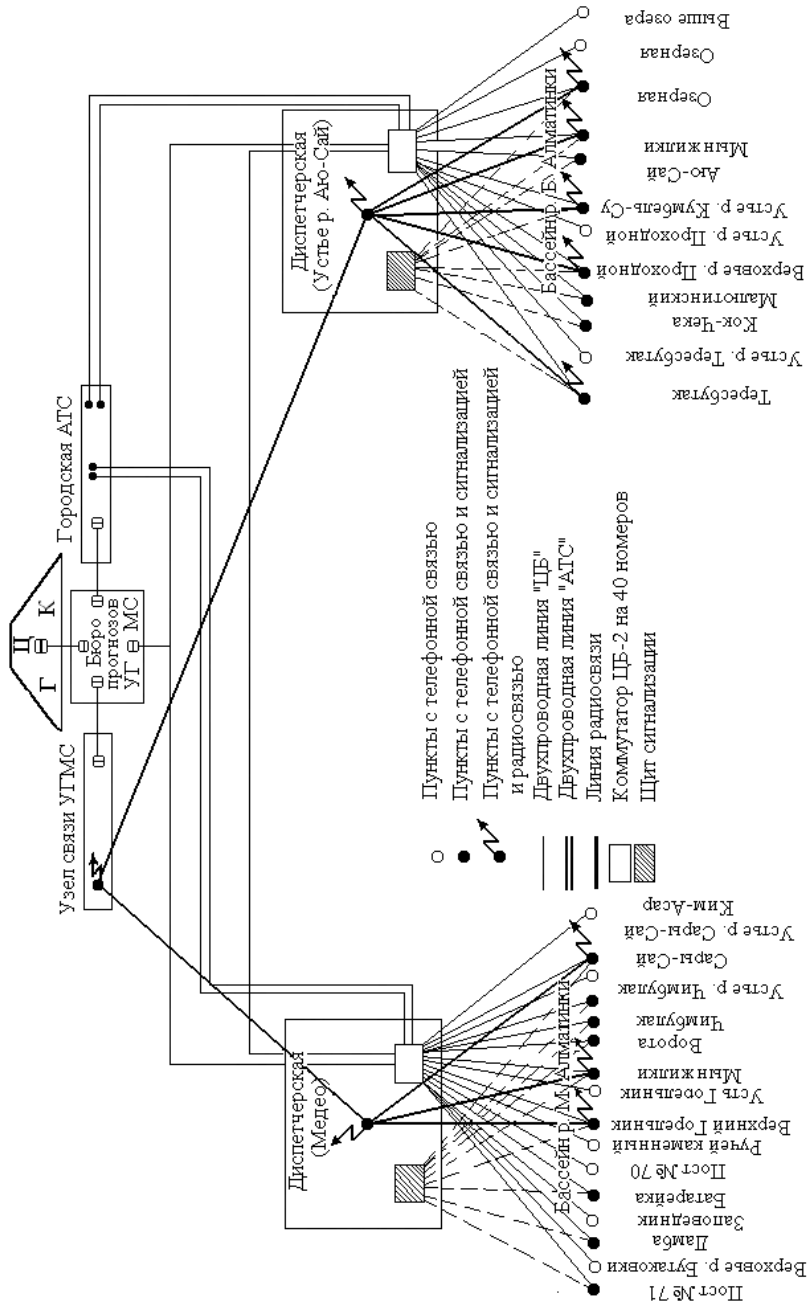


Рис. 1. Схема сигнализации и связи Службы предупреждений о селях г. Алматы.

Для своевременного принятия ГЧС необходимых мер, авторы «Проекта» считали целесообразным установить три последовательных сигнала, характеризующих степень опасности. Первый сигнал подается, когда (по мнению авторов «Проекта») сель может нанести небольшие повреждения в г. Алматы (расход воды в р. Киши Алматы в створе ГП «г. Алматы» $15...30 \text{ м}^3/\text{с}$). Второй – когда возможны значительные повреждения (расход воды $50...60 \text{ м}^3/\text{с}$). И третий – когда сель, образовавшийся в высокогорной зоне, может создать катастрофическое положение в городе (около $100 \text{ м}^3/\text{с}$). Этот сигнал являлся основанием для осуществления всего плана спасательных мероприятий. Для передачи и приема этих сигналов устанавливался пароль.

В 1964 г. отделом радиоэлектроники Государственного гидрологического института (г. Ленинград) была разработана Радиотелеметрическая автоматически действующая установка для оповещения о селевых потоках (или радиооповеститель селя – РОС), предназначенная для предупреждения населения городов, поселков и других объектов о прохождении селей (паводков). После успешного проведения лабораторных и полевых испытаний 19 таких систем были установлены для эксплуатации в горах Иле Алатау. Техническое обслуживание и эксплуатация РОС на протяжении почти 30 лет осуществлялось Комплексной гидрографической партией РГП «Казгидромет». В течение этого периода производилась модернизация систем датчиков уровня воды в реке и датчика селя.

На рис. 2 приведена структурная схема РОС. РОС состоит из двух модулей: передающего и приемного, связь между ними осуществлялась с помощью ультракоротковолновых станций. Состояние комплекса периодически автоматически контролировалось. Результаты длительной эксплуатации РОС свидетельствуют о высокой степени надежности системы. Безотказная работа системы РОС может быть проиллюстрирована данными, полученными при прохождении селя 26 июля 1981 г. (табл.) [5].

К недостаткам РОС можно отнести разрушение системы датчиков уровня воды и конструкции датчика селя (при прохождении селя). Это приводило к многодневному выходу из строя всей системы. Существенным недостатком являлась малая заблаговременность предупреждения. Для Иле Алатау она составляла от 15 мин до 1,5 ч.

После распада СССР, в результате морального и технического старения, а также трудностей экономического характера, система РОС перестала функционировать.

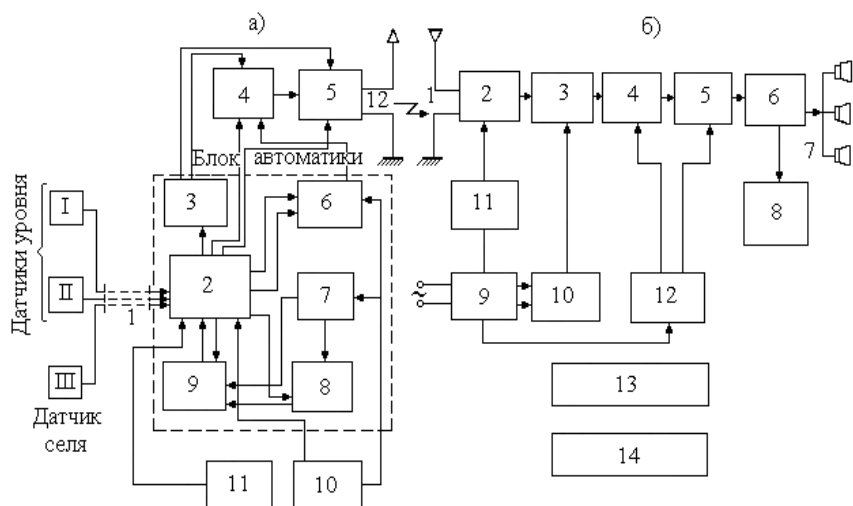


Рис. 2. Структурная схема РОС.

а) передающий пункт: I, II – датчик уровня воды; III – датчик селя; 1 – местная линия связи; 2 – управляющий механизм; 3 – блок задержки времени; 4 – радиопередатчик; 5 – усилитель мощности; 6 – блок генераторов; 7 – блок часов; 8 – программное устройство; 9 – блок усилителей; 10 – блок питания; 11 – резервный блок питания; 12 – антенна.

б) приемный пункт: 1 – антенна; 2 – антенный усилитель; 3 – радиоприемник; 4 – усилители и ограничители; 5 – блок фильтров; 6 – блок звуковых генераторов; 7 – динамики; 8 – световое табло; 9 – стабилизатор напряжения; 10 – полупроводниковый стабилизатор напряжения на 4,8 В; 11 – электронный стабилизатор напряжения; 12 – полупроводниковый стабилизатор напряжения на 12 В; 13 – блок переключения на аварийное питание; 14 – аварийное питание.

Таблица

Основные характеристики селевого потока, прошедшего 26 июля 1981 г.

Местоположение створа	Площадь сечения селевого потока, м ²	Скорость, м/с	Расход, м ³ /с
Кумбель-стационар	19,6	3,55	70
Кумбель-РОС	48,5	2,33	191
Кумбель-устье	31,3	3,38	106
РОС – 1-я ГЭС (основной)	34,4	2,88	99
РОС – 1-я ГЭС (дубль)	33,6	2,73	92
ГП «устье р. Проходной»	15,8	2,08	33

В 1976 г. сотрудниками СКБ завода «Казгеофизприбор», совместно с работниками отдела селей Казахского научно-исследовательского гидро-

метеорологического института, в ходе экспериментов по искусственному воспроизведению селей на Шамалганском полигоне проводились работы по созданию комплекса датчиков оповещения о селевой опасности. Результаты экспериментальных исследований показали высокую перспективность использования сейсмических датчиков в системах оповещения о селевой опасности [3, 4]. В 1976...1978 гг. по заданию «Казглавселезащиты» СКБ завода «Казгеофизприбор» разработал и изготовил два опытно-методических образца сейсмических оповестителей о селевой опасности. Один из них был установлен для полевых испытаний в створе ГП «Кумбель-устье», где ожидалось прохождение селевых потоков. Приемочные испытания были успешно проведены при искусственном воспроизведении селевого потока 9 сентября 1978 г. на Шамалганском полигоне.

Сейсмический оповеститель селя (СОС), а также устройство демультипликации и согласования (УДС), при наличии линии связи (радио, телефонной), позволяют создавать локальные системы селеоповещения, передачи и регистрации характеристик селей (рис. 3) [1]. Сейсмический оповеститель селя снабжен тремя идентичными сейсмодатчиками (СД₁, СД₂, СД₃), причем СД₁ и СД₂ располагаются на склоне долины (вне досягаемости селем) на расстоянии 50...75 м друг от друга вдоль селевого русла, а СД₃ на расстоянии 40...50 м от СД₁ по перпендикуляру к селевому руслу. Анализ сигналов СД₁ и СД₃ позволяет выявить сигналы, возбуждаемые селями, на фоне помех, создаваемых природными, антропогенными и другими источниками сейсмических сигналов. По сигналам СД₁ и СД₂ определяется скорость и расход селя. Включение системы осуществляется автоматически по сигналам СД₁ и СД₃. По окончании селя система автоматически отключается. Контроль системы осуществлялся дважды в сутки по сигналам кварцевых часов.

К достоинствам системы можно отнести:

- отсутствие механического контакта датчиков с селем, благодаря чему система не теряет работоспособность при прохождении селя;
- непрерывное измерение расхода и скорости потока на всем протяжении селевого процесса;
- высокую помехозащищенность;
- автоматическое включение и переход в режим ожидания.

Описанная сейсмическая система оповещения о селевой опасности была модернизирована в 1989...1990 гг. НИИП Госкомгидромета СССР

при участии КазНИГМИ и прошла успешные приемочные испытания на Шамалганском полигоне в 1991 г. В результате распада СССР она не была внедрена (взамен системы РОС) в практику Казгидромета. Внедрение сейсмической системы (на новой элементной базе) возможно без существенных материальных затрат на конструкторские проработки.

В настоящее время на северном склоне Иле Алатау функционирует служба оповещения о селях, действующая на основании «Временного порядка действий РГП «Казгидромет», ГУ «Казселезащита», Акиматов, Министерств, Ведомств, дежурных служб в случае угрозы или возникновения селевых потоков», приведенная на рис. 4.

В рамках этой системы решение о возникновении селевой опасности (возникновении селя) принимает наблюдатель Поста службы наблюдения ГУ «Казселезащита», который по существующим каналам связи передает установленный сигнал дежурному Главного диспетчерского пункта (ГДП) Казселезащиты. Далее информация о селе передается по упомянутой выше схеме. Главным недостатком этой схемы, по нашему мнению, является длинная цепочка передачи и обработки информации, предшествующая приведению Схемы оповещения в действие. Это подтверждается и расчетами, приведенными в диссертации начальника Департамента по ЧС г. Алматы генерал-майора Д.К. Халикова (рис. 5) [6].

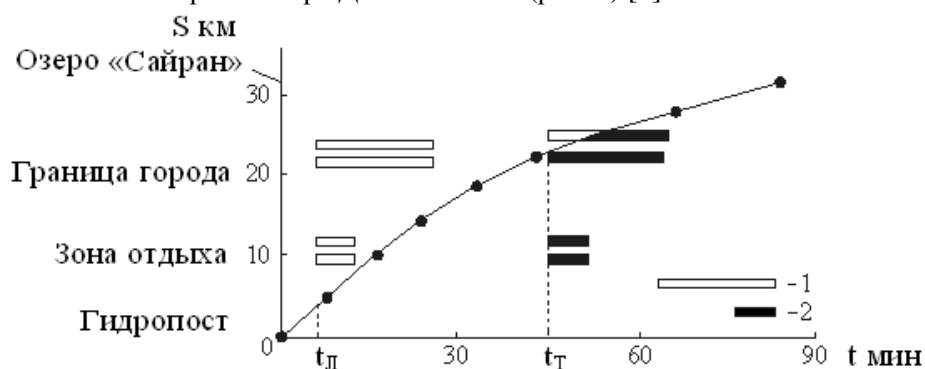


Рис. 5. Зависимость времени добега селового потока по бассейну р. Улькен Алматы.

1 – расчетное время эвакуации отдыхающих; 2 – расчетное время эвакуации горожан; t_T – время оповещения при традиционной технологии; t_L – время оповещения при логистической технологии с использованием сотовой связи в режиме «Сообщений».

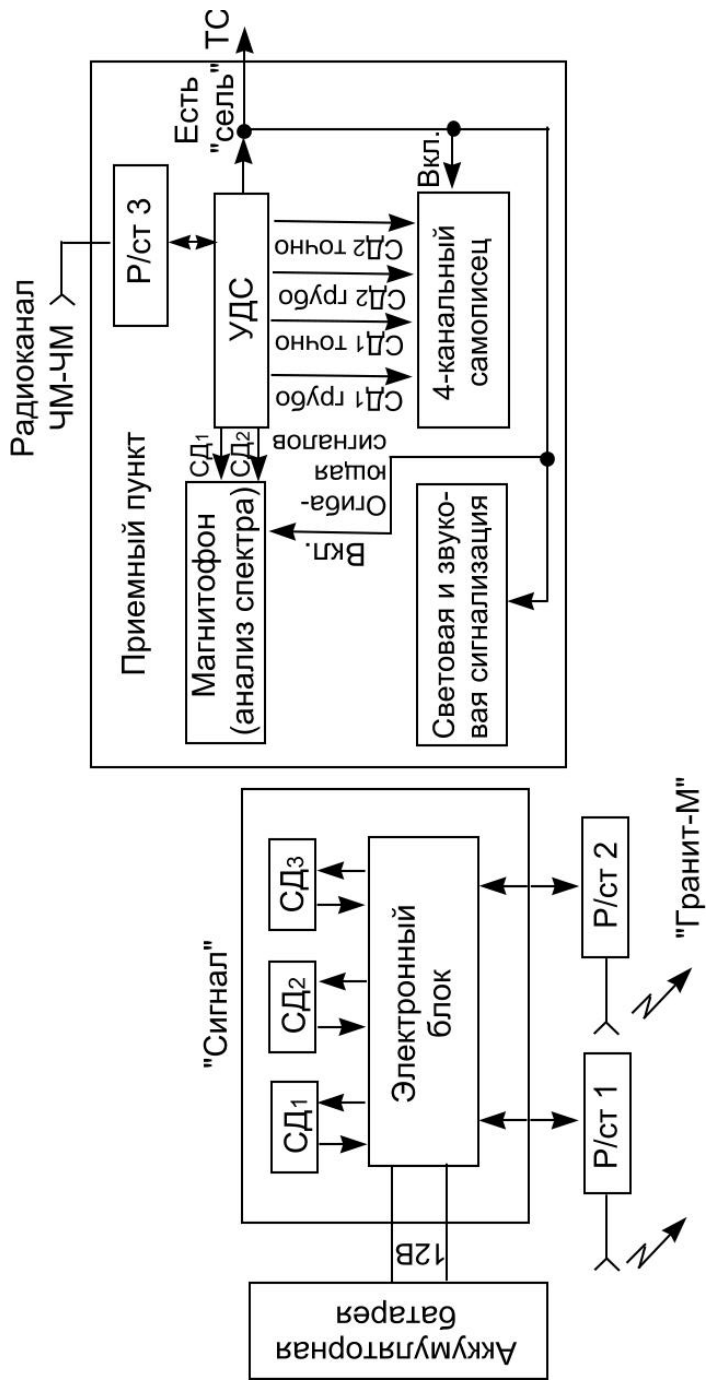


Рис. 3. Блок-схема системы оповещения СОС.
 СД – сейсмодатчик; Р/ст – радиостанция; УДС – радиостанция; УДС – устройство демодулирования и согласования; ТС – телесигнализация дежурционных объектов.

Нетрудно
оповещения близко к

120

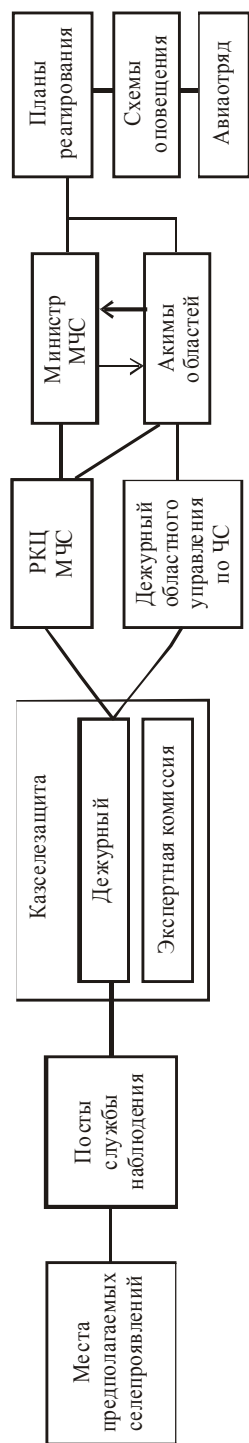


Рис. 4. Традиционная схема оповещения при возникновении селевого потока.

видеть, что время
45 мин. За это время

сель может подойти к границе города, а эвакуация людей, находившихся в опасной зоне (в долине р. Улькен Алматы), не будет проведена.

В работе [6] приведены результаты разработки логистической системы оповещения при угрозе и возникновении селевого потока. Предполагается, что система будет автоматически включаться по сигналам датчиков или данным видеонаблюдений и космического мониторинга (рис. 6).

Обработку сигналов предполагается осуществлять ЛАСУ (логистической автоматизированной системой управления). Оперативное оповещение будет осуществляться по уровням в зависимости от масштаба селевых потоков. Отдельно предполагается проводить оповещение населения, находящегося в зоне вероятного прохождения селевого потока. Сигнал опасности до населения доводится путем адресного оповещения на основе применения сотовой связи в режиме «сообщений». Увеличение эффективности логистической системы оповещения о селевой опасности достигается ликвидацией промежуточных звеньев, а также переходом на параллельную схему оповещения, «...так как последовательная структура построения традиционной системы оповещения является причиной низкой оперативности функционирования системы оповещения» [6].

Одним из преимуществ логистической системы оповещения о селевой опасности (по сравнению с существующей) должно стать автоматическое включение системы «...по сигналам датчиков или данным видеонаблюдений и космического мониторинга».

К сожалению, что это за датчики и каковы их характеристики в работе не указывается. Не известно также, насколько они работоспособны в ночное время, густом тумане и при ливневых дождях. Все это должно выявляться в процессе конструкторской разработки обсуждаемой системы и испытания ее в реальных условиях. Не приведено и обоснование возможности использования космического мониторинга для своевременного (в пределах первого десятка минут) обнаружения селя.

Как отмечалось выше, оперативное оповещение должно осуществляться по уровням в зависимости от масштаба селевых потоков. Логично предположить, что при катастрофическом селе решение об оповещении населения будет принимать Министр МЧС или уполномоченное им лицо. В такой, наиболее экстремальной ситуации, эффективность логистической системы будет мало отличаться от существующей ныне системы оповещения о селевой опасности.

В связи с

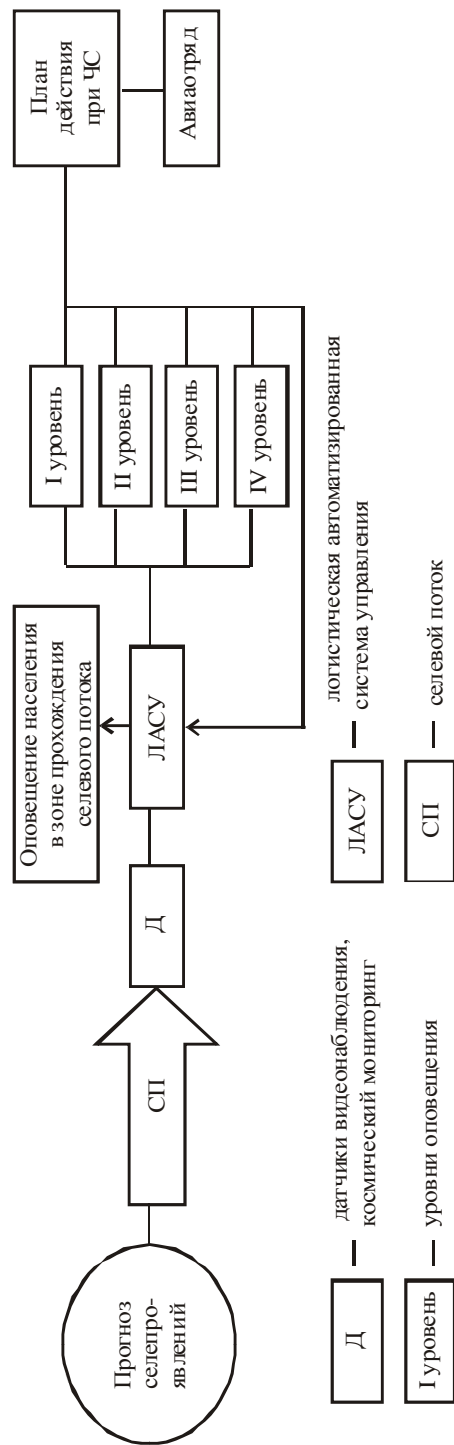


Рис. 6. Логистическая схема оповещения при возникновении селевого потока.

ЭТИМ

возникает вопрос: почему решение об оповещении населения об угрозе селя не принимается собственно ЛАСУ? В обсуждаемой схеме ЛАСУ отвечает за обработку поступающих сигналов. Какая либо другая обработка информации, получаемой с датчиков, схемой не предусматривается. Следовательно, лицо, принимающее решение об оповещении об угрозе селя, может доверять ЛАСУ либо не доверять. В отсутствие дополнительной информации и времени на ее получение, лицо, принимающее решение, вынуждено доверять ЛАСУ. Следовательно, решение об оповещении должно приниматься ЛАСУ, поскольку, по нашему мнению, в обратной связи между уровнями оповещения и ЛАСУ нет необходимости. Такая схема увеличит оперативность и надежность системы.

Главным достоинством описанных выше систем оповещения является высокая степень достоверности установления факта формирования селя. Недостатком – малое время предупрежденности (первые десятки минут), определяемое временем добегания селя до объектов поражения.

Схема оповещения о селевой опасности, предлагаемая РГП «Казгидромет» к реализации в комплексе со сверхкраткосрочным прогнозированием селей дождевого генезиса, приведена на рис. 7.

Достоинством системы оповещения о селевой опасности, предлагаемой в данной работе, является значительное увеличение (до нескольких раз) времени предупрежденности катастрофического явления, по сравнению с системами оповещения, в основу которых положено время добегания селей от места их обнаружения до объектов, которым может быть нанесен ущерб. Недостатком – неизбежность ложных прогнозов, обусловленных тем, что критерием объявления селевой опасности является слой осадков 40 мм, а выпадение осадков таким слоем не всегда вызывает формирование катастрофических селей.

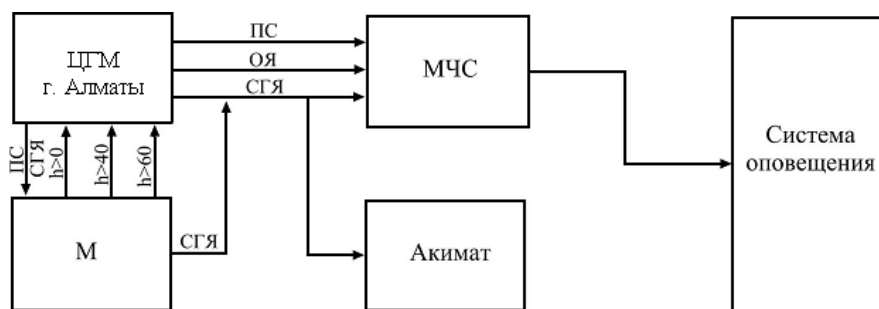


Рис. 7. Схема оповещения о результатах прогноза селя, фактически выпавших осадках и Штормовых предупреждениях.

Поскольку заблаговременность сверхкраткосрочного прогноза катастрофических селей дождевого генезиса относительно невелика, представляется целесообразным увеличение его эффективности за счет предварительной подготовленности к возникновению чрезвычайной ситуации подразделений Казгидромета и МЧС, принимающих участие в мониторинге и проведении мероприятий, направленных на предотвращение и смягчение ущерба, наносимого селями. Положительный эффект достигается поэтапным оповещением государственных органов и населения о потенциальной угрозе. Предлагаемая система оповещения позволит практически на порядок увеличить оправдываемость прогноза катастрофических селей дождевого генезиса при заблаговременности, обеспечивающей безопасность людей, оказавшихся в потенциально опасной зоне.

Первый этап системы оповещения. При краткосрочном прогнозе жидких осадков: «Сильные осадки в селеопасных районах» (слой превышает 15 мм), отделом краткосрочных прогнозов погоды дается «Предупреждение о сильных осадках в селеопасных районах». Однако это предупреждение доводится только до метеостанций, участвующих в мониторинге селей, подразделения ЦГМ г. Алматы, занимающегося прогнозированием селей, а также уполномоченного органа МЧС (без права распространения информации населению).

Второй этап. С началом выпадения упомянутых выше осадков на М Мынжилки и М Шымбулак, о которых наблюдатели метеостанций сообщают группе прогноза селей РГП «Казгидромет», дается штормовое предупреждение Опасное явление (ОЯ), которое группой прогноза селей доводится до органов МЧС (без права дальнейшего распространения), отвечающих за безопасность от природных катаклизмов в бассейнах рек Киши и Улькен Алматы.

Третий этап. При выпадении 40 мм осадков на М Мынжилки и наличии других факторов, определяющих возможность формирования селя, группой прогноза селей дается штормовое предупреждение Стихийное гидрометеорологическое явление (СГЯ), которое доводится до органов МЧС с целью предупреждения населения и организаций о высокой вероятности возникновения селя.

Предлагаемая схема оповещения о селевой опасности позволит подразделениям РГП «Казгидромет» и МЧС заблаговременно подготовиться к мониторингу селя и мероприятиям, обеспечивающим безопасность населения и функционирования хозяйственного механизма в чрез-

вычайной ситуации. С другой стороны, население будет избавлено от многочисленных не оправдавшихся прогнозов селей, что повысит доверие к прогнозам селей, без которого их прогнозирование не имеет смысла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайсер В.В., Красюков В.А., Голубович В.А. Локальная система передачи параметров селя // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – №8. – С. 132-135.
2. Кавецкий С.П. Обоснование проекта организации службы предупреждений г. Алматы об угрозе селей / Вопросы селей и гидрологических прогнозов // Тр. КазНИГМИ. – 1953. – Вып. 4. – С. 55-73.
3. Коваленко П.И., Красюков В.А., Новиков М.Я. Результаты испытаний сейсмической системы оповещения о селевой опасности // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1978. – №3. – С. 92-96.
4. Красюков В.А. Сейсмические системы оповещения о селевой опасности // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1980. – №5. – С. 95-100.
5. Марков И.Н., Меньшов В.А. Селевой поток в бассейне р. Кумбель 26 июля 1981 г. // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – №8. – С. 139-143.
6. Халиков Д.К. Разработка логической системы оповещения при угрозе и возникновении селевого потока: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Алматы, 2008. – 17 с.

Поступила 16.03.2012

Геогр. ғылымд. докторы Б.С. Степанов
Геогр. ғылымд. докторы Р.К. Яфязова

ҚАЗАҚСТАНДА СЕЛ ҚАУПІН ХАБАРЛАУ ЖҮЙЕЛЕРІ (ТАРИХЫ, КАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҒЫ)

Қазақстанда болған сел қауіпін хабарлау жүйелерін енгізу нәтижелері және суреттемелері келтірілді, сонымен қатар селдің болатындығы мен селдік қауіпті болжау туралы мәліметтер негізіндегі болашақ хабарлау жүйелеріне суреттеме берілді.

УДК 556.18.004.14

Канд. техн. наук С.П. Шиварева *
Канд. геогр. наук В.П. Попова *
 Л.Н. Никифорова *
 А.О. Домран *

**РУСЛОВОЙ ВОДНЫЙ БАЛАНС Р. СЫРДАРЬИ ОТ НИЖНЕГО
БЬЕФА ШАРДАРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ДО ВПАДЕНИЯ
В СЕВЕРНОЕ АРАЛЬСКОЕ МОРЕ**

*РУСЛОВОЙ БАЛАНС, РАСХОД ВОДЫ, ПОТЕРИ СТОКА,
НЕВЯЗКА РУСЛОВОГО ВОДНОГО БАЛАНСА, УЧАСТОК РЕКИ,
ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ*

Приведены результаты расчёта руслового баланса р. Сырдарья за 2009 и 2010 годы в пределах Республики Казахстан по 6 участкам. Время добегания стока от Шардары до границы Южно-Казахстанской и Кызылординской областей (уч. Коктюбе) – 6 суток, от границы Кызылординской области до г. Кызылорда (пгт. Тасбугет) – 6 суток; от г. Кызылорды до г. Казалинска – 7 суток, от Шардары до Казалинска – 19...20 суток. Установлено, что на р. Сырдарье происходит уменьшение стока по длине реки. Наибольшие потери наблюдаются на участке от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинска и составляют от 191 до 258 м³/с. Наименьшие потери стока выявлены на участке от г. Казалинска до с. Каратерень, их величины изменяются от 23,7 до 70,5 м³/с. С увеличением водности потери по длине реки увеличиваются. Максимальные потери стока для всех участков наблюдаются, в основном, в третьем, иногда во втором кварталах.

Сырдарья – это крупная река большой протяженности, благодаря чему по мере удаления от истоков водный режим её претерпевает существенные изменения. В пределах Республики Казахстан река протекает по равнине, где ее воды разбираются оросительными каналами, многочисленными водозаборами и расходуются на инфильтрацию в почву. Изучаемая территория находится в зоне рассеивания стока, и река здесь стано-

* Казгидромет, г. Алматы

вится транзитной. Кроме того, при выходе из поймы имеются большие потери стока. Особенно велики потери во время прохождения высоких паводковых вод, в результате которых происходит затопление больших площадей приречной низменности, в частности, затапливаются многочисленные пойменные озера и старицы. В связи с этим, при продвижении вниз по реке сток постепенно уменьшается.

В пределах Республики Казахстан до р. Сырдарьи доносит свои воды только р. Арысь с притоками Жебаглысу, Аксу, Боролдай и Бадам. Остальные реки, ввиду значительных потерь и разбора на орошение, большей частью теряются в озерах Шошкаккольской впадины.

Ниже г. Кызылорда русло реки разделяется на множество рукавов и протоков. Наиболее значительная протока Караозек, длиной 168 км, отделяет множество мелких протоков и, затем снова впадает в р. Сырдарью у с. Джусалы. В устьевой области протоки Караозек вода часто застаивается и до р. Сырдарьи не доходит. Река на этом участке пересекает наиболее низменный район, занятый озерами, болотами и тростниковыми зарослями. Здесь наблюдаются наибольшие разливы реки, причем они отмечаются и зимой при ледовых явлениях, таких как: заторы, зажоры, из-за которых вода уходит, по старым каналам, теряясь в степи.

Русловой водный баланс р. Сырдарьи по участкам. Под русловым водным балансом (РВБ) понимается водный баланс участка реки, включающего русло и пойму. Основными элементами руслового водного баланса являются: приток и отток воды по рекам; отвод в оросительные системы и другие формы водопотребления; приток воды в русла по сбросным и дренажным коллекторам; водообмен между поверхностным и грунтовым потоками, а также между поверхностью и атмосферой – осадки, испарение с суши и водной поверхности; накопление и расходование запасов воды – поверхностных и подземных.

Составление русловых водных балансов является одним из методов изучения и количественной оценки водных ресурсов. Русловые водные балансы составляются для однородных по природным условиям и хозяйственному использованию участков рек. Вид уравнения РВБ определяется типом участка реки, для которого производится расчет.

Ранее исследованиями и расчетами годового руслового водного и водохозяйственного балансов р. Сырдарьи занимались в Институте водных проблем АН СССР, в Государственном гидрологическом институте (ГГИ, Санкт-Петербург, Россия) и в Гидрометслужбе Казахской ССР. Специалисты

Института водных проблем пришли к выводу о возможности расчета балансов лишь в первом приближении для отдельных участков. Гидрологи ГГИ провели расчеты за период 1966...1970 гг. с использованием данных об измеренных расходах воды в верхнем и нижнем створах участка реки и величинах водозаборов [1]. За период 1978...1983 гг. характеристики руслового водного баланса были рассчитаны и опубликованы в ежегодных изданиях РГП «Казгидромет», в которых, помимо перечисленных выше данных, использовались рассчитанные объемы осадков и испарения [2].

Вклад испарения с поверхности воды в русле и осадков, в русловом баланс отдельных участков р. Сырдарья не превышает 2 % по отношению к поступлению воды в верхний створ участка. В дальнейшем при оценке РВБ реки эти величины включены в невязку баланса как «потери». Для оценки РВБ были использованы основные характеристики, такие как: расходы воды в верхнем и нижнем створах, боковой приток, водозаборы, при помощи которых можно рассчитать приближенно русловой водный баланс участка реки. Уравнение для расчета руслового водного баланса имеет следующий вид:

$$Q_0 = Q_B + Q_{БП} - Q_{ВЗ} - Q_H, \quad (1)$$

где Q_B – расход воды в верхнем створе, м³/с, $Q_{БП}$ – боковой приток, $Q_{ВЗ}$ – водозабор, Q_H – расход воды в нижнем створе, Q_0 – невязка баланса, м³/с.

В данных исследованиях РВБ был рассчитан ежемесячно за 2009 и 2010 гг. Расчёты выполнены для следующих участков:

1. От нижнего бьефа Шардаринского вдхр до уч. Коктюбе;
2. От уч. Коктюбе до ж.-д. ст. Тюмень-Арык;
3. От ж.-д. ст. Тюмень-Арык до раз. Кергельмес;
4. От раз. Кергельмес до пгт Тасбугет (г. Кызылорда);
5. От пгт Тасбугет (г. Кызылорда) до г. Казалинска;
6. От г. Казалинска до с. Каратерень.

Расчет руслового баланса р. Сырдарья в пределах республики Казахстан проводился по данным о среднемесечных расходах воды на гидрологических постах, сведения по которым приведены в табл. 1, а также по данным о водозаборах.

На участке от нижнего бьефа Шардаринского вдхр до уч. Коктюбе р. Сырдарья принимает единственный приток р. Арысь, сбрасывающий остатки воды после ее разбора на орошение. Другие участки бесприточны.

На первом участке сток р. Сырдарьи у нижнего бьефа Шардаринского вдхр. и сток р. Арысь отнесен к приходной части баланса, а суммарный водозабор на участке и сток р. Сырдарья – уч. Коктюбе – к расходной. Далее по течению реки сток вышерасположенного створа составлял приходную часть руслового водного баланса, а сток нижерасположенного створа и суммарные величины водозаборов на участке реки – расходную часть баланса.

Таблица 1

Сведения о гидропостах на р. Сырдарье

Гидропост	Расстояние, км	
	от устья реки	между постами
Нижний бьеф Шардаринского вдхр.	1633	
уч. Коктюбе	1281	352
ж.-д. ст. Тюмень-Арык	996	285
раз. Кергельмес	804	192
пгт. Тасбугет	720	84
г. Казалинск	181	549
с. Каратерень	(50)	(140)

На всем протяжении рассматриваемых участков действует система водоотводящих каналов. Кроме того, существует ряд озерных систем: при высоких уровнях воды в Сырдарье они заполняются, а при спаде водности и понижении уровней воды в реке идет обратный процесс – из озерных систем вода поступает в русло Сырдарьи.

Гидропост Каратерень, расположенный в дельте реки, где русло разбивается на рукава, учитывает не весь сток Сырдарьи. Кроме того, к расходной части баланса отнесены потери воды из русла и поймы, принимаемые условно равными положительным значениям Q_0 , а к приходной – возврат ранее накопленных в русле и пойме запасов воды за расчетный период (отрицательные значения Q_0). Невязка баланса включает погрешности измерений отдельных его элементов, неучтенный сброс воды с орошаемых полей в р. Сырдарью, потери речной воды на заполнение русла и поймы (в частности, многочисленных озер и стариц) и возврат аккумулярованных на пойме и в русле запасов воды.

Расчет баланса производился по уравнению (1). Результаты расчета приведены в таблицах (2 а и 2 б).

Таблица 2а

Русловой водный баланс р. Сырдарьи в пределах Республики Казахстан за 2009 г.

Элемент водного баланса	Среднегодовой расход, м ³ /с	Годовой объем, км ³
Сток в верхнем створе	470	14,82
Боковой приток	21,6	0,68
Водозаборы	179,6	5,66
Потери воды	149,5	4,71
Сток в нижнем створе	163	5,13

Таблица 2б

Русловой водный баланс р. Сырдарьи в пределах Республики Казахстан за 2010 г.

Элемент водного баланса	Среднегодовой расход, м ³ /с	Годовой объем, км ³
Сток в верхнем створе	845	26,67
Боковой приток	37,8	1,19
Водозаборы	197	6,22
Потери воды	402	12,69
Сток в нижнем створе	285	8,99

Невязки баланса за отдельные месяцы имеют, как правило, положительный знак, но в отдельные месяцы они бывают отрицательными. Это объясняется тем, что применительно к коротким интервалам времени значения Q_0 в большей степени отражают регулирование стока руслом и поймой. На подъемах паводков, когда происходит заполнение русла и поймы, величины Q_0 положительные (т.е. в створе уч. Коктюбе сток меньше, чем в створе нижний бьеф Шардаринского вдхр с учетом притока по р. Арысь), а на спадах паводков, когда происходит сработка ранее накопленных в русле и пойме запасов воды – отрицательные.

Потери, связанные с трансформацией стока в русле и пойме реки, в значительной мере являются возвратными, если рассматривать не короткий интервал времени, а большой период, в течение которого задержанная на участке вода может стечь через нижний замыкающий створ. Наряду с такого рода потерями, на рассматриваемом участке имеются и безвозвратные потери воды на заполнение многочисленных пойменных озер и стариц, не сообщающихся с рекой, инфильтрацию в почву в пойме и испарение.

По данным И.М. Мальковского [3], после перехода Токтогульского водохранилища на энергетический режим аккумуляция воды в озерных

системах Сырдарьи происходит в осенне-зимний период (август-февраль). Интенсивная сработка озерных систем происходит в апреле-июле. Максимальный годовой уровень воды в озерах отмечен в марте, минимальный – в августе-сентябре. Это подтверждается данными табл. 3: невязка месячного руслового водного баланса в 2009 г. на участке Казалинск – Каратерень в периоды январь-февраль и ноябрь-декабрь имеет положительный знак (аккумуляция в озерных системах), с апреля по октябрь – отрицательный (отдача из озерных систем).

Таблица 3

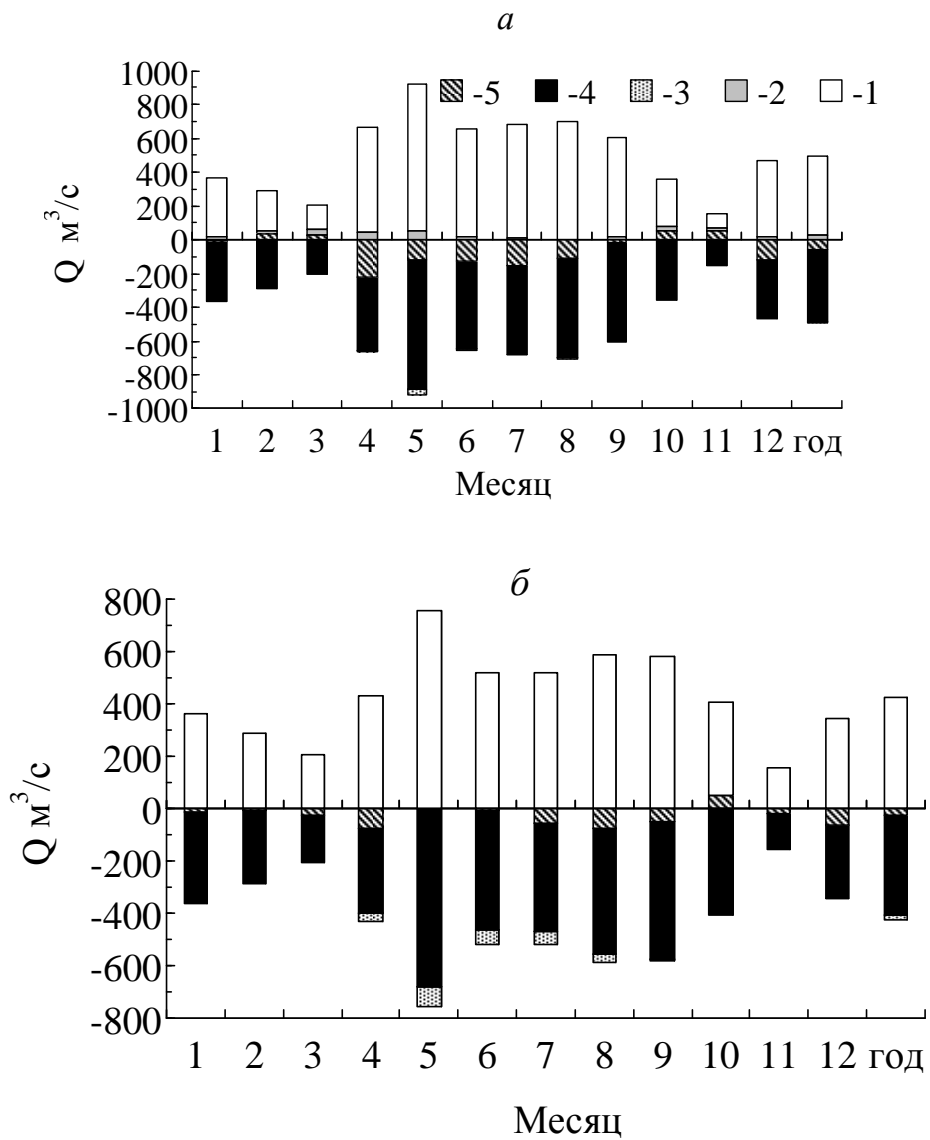
Русловой водный баланс р. Сырдарьи в дельте за 2009 и 2010 годы

Месяц	2009 г.				2010 г.			
	Казалинск, м ³ /с	Каратерень м ³ /с	Потери		Казалинск, м ³ /с	Каратерень м ³ /с	Потери	
			м ³ /с	млн. м ³			м ³ /с	млн. м ³
1	266	156	110	294,6	297	196	101	270,5
2	295	199	96	232,2	292	241	51	123,4
3	197	197	0	0,0	391	300	91	243,7
4	113	131	-18	-46,7	311	335	-24	-62,2
5	107	160	-53	-142,0	302	301	1	2,7
6	78,6	113	-34,4	-89,2	326	281	45	116,6
7	46,8	59	-12,2	-32,7	313	307	6	16,1
8	49,2	95,9	-46,7	-125,1	235	198	37	99,1
9	277	326	-49	-127,0	271	267	4	10,4
10	282	294	-12	-32,1	397	306	91	243,7
11	127	114	13	33,7	444	319	125	324,0
12	117	106	11	29,5	427	365	62	166,1
Год	163	163		-4,7	333,8	284,7		1554,1

В 2009 году суммарные потери в дельте за 6 осенне-зимних месяцев (январь-март и октябрь-декабрь) равны 557,9 млн. м³. За 6 весенне-летних месяцев (апрель-сентябрь) потери равны минус 562,5 млн. м³. 2010 год был более многоводным, чем 2009 г., и, за счет повышенного стока в вершине дельты, обводнение озерных систем происходило и в летние месяцы. Суммарные потери за 6 осенне-зимних месяцев (январь-март и октябрь-декабрь) равны 1371,4 млн. м³. За 6 весенне-летних месяцев (апрель-сентябрь) потери равны 182,6 млн. м³. За год водопотребление дельты составило 1,6 км³.

Невязка месячного руслового водного баланса в 2009 г. составила в среднем по всем участкам 24,1 м³/с или 5,5 % от расхода воды в верхнем

створе, а в 2010 г. соответственно 66,9 м³/с или 11,5 %, т.е. невязка зависит от водности года. На рис. 1 и 2 приведены русловые водные балансы р. Сырдарьи по 6 участкам ежемесячно за 2009 и 2010 гг. При расчете баланса по участкам к приходной (положительной части) отнесен сток верхнего створа, боковая приточность и дополнительное поступление воды с полей, к расходной – водозабор и потери воды на участке.



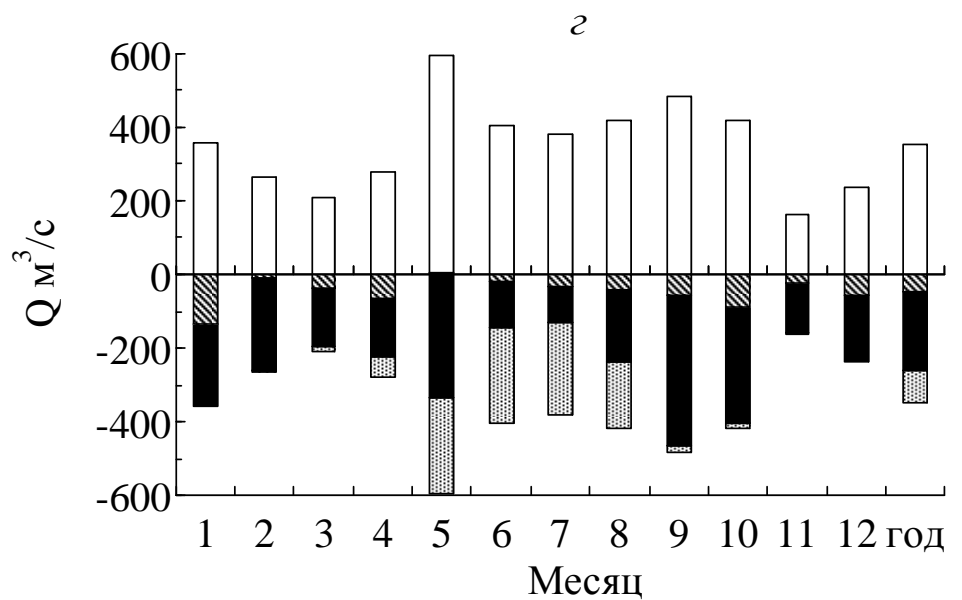
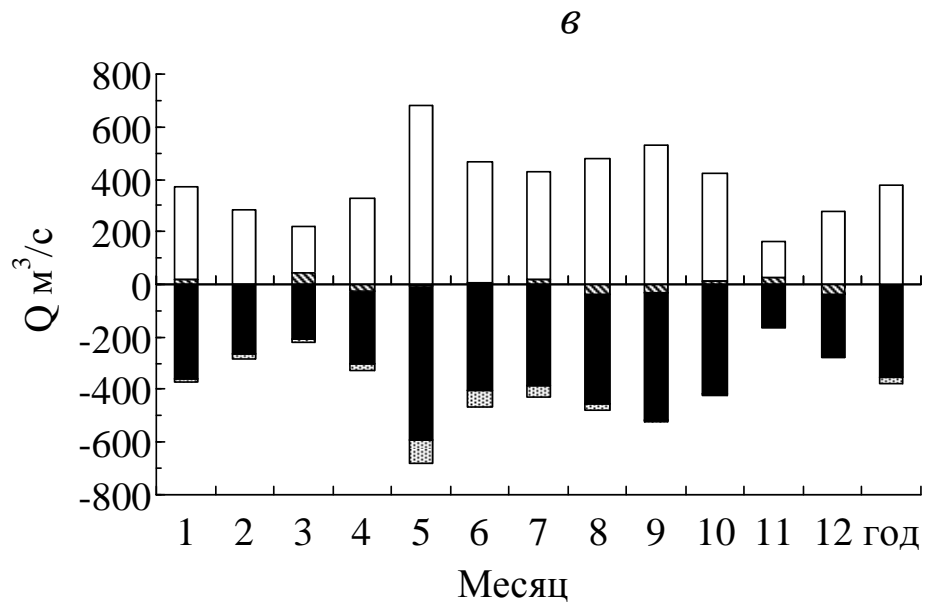
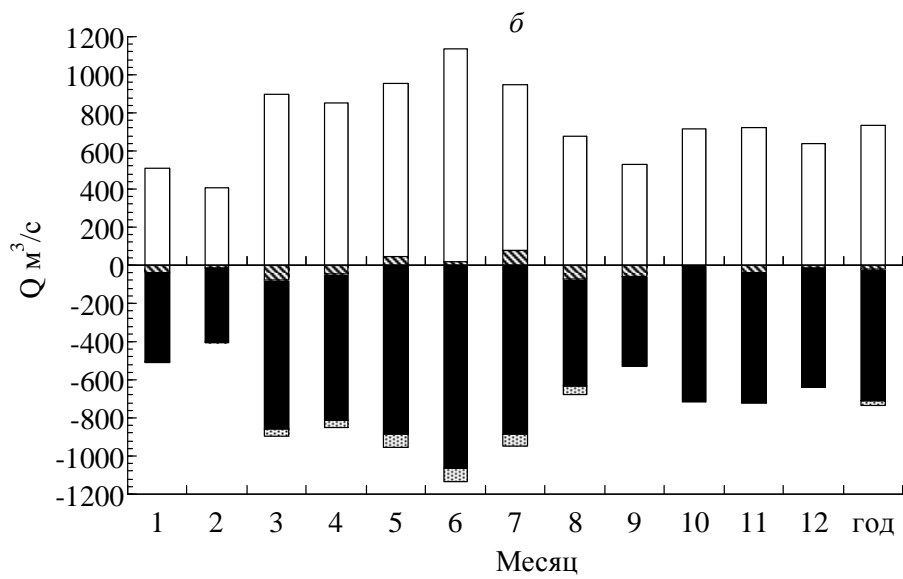
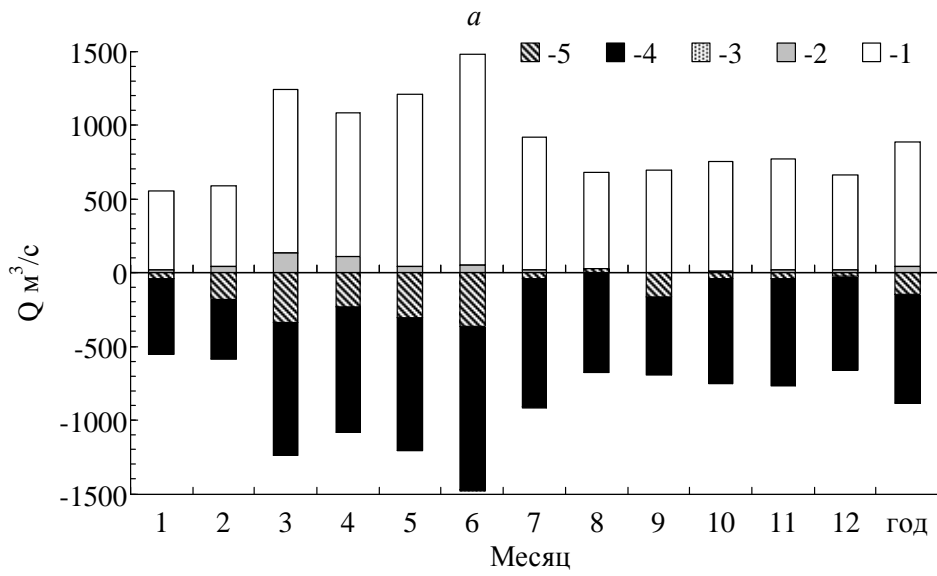


Рис. 1. Русловой водный баланс р. Сырдарья по участкам за 2009 г.
 а – участок от нижнего бьефа Шардарьинского вдхр. до уч. Коктюбе;
 б – от уч. Коктюбе до ж.-д. ст. Тюмень-Арык; в – от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до раз. Кергельмес; г – от раз. Кергельмес до пгт. Тасбугет.
 1 – сток в верхнем створе, 2 – боковой приток, 3 – водозабор, 4 – сток в нижнем створе, 5 – потери или дополнительное поступление.



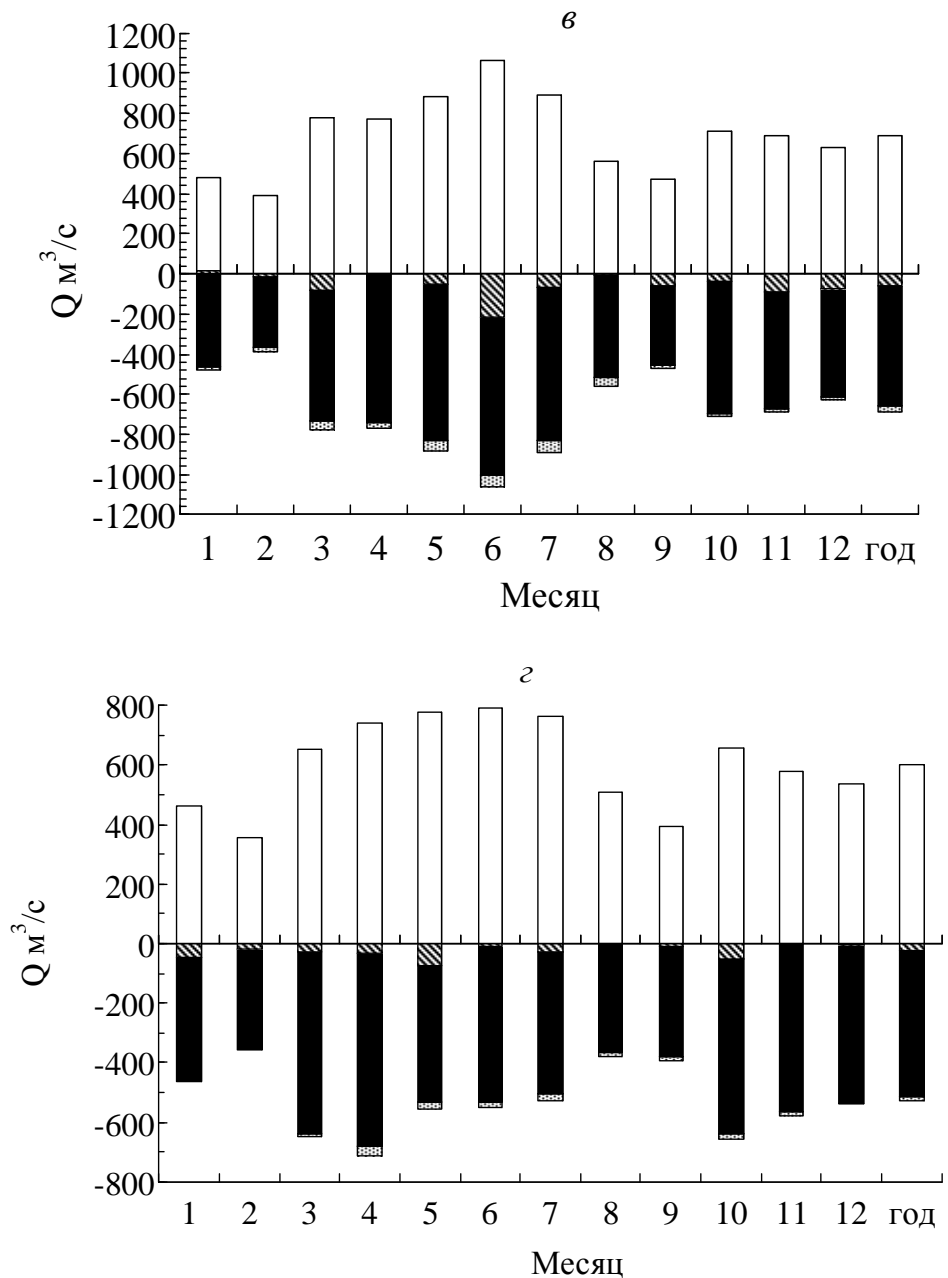


Рис. 2. Русловой водный баланс р. Сырдарья по участкам за 2010 г.
 а – участок от нижнего бьефа Шардарьинского вдхр. до уч. Коктюбе;
 б – от уч. Коктюбе до ж.-д. ст. Тюмень-Арык; в – от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до раз. Кергельмес; г – от раз. Кергельмес до пгт. Тасбугет.
 1 – сток в верхнем створе, 2 – боковой приток, 3 – водозабор, 4 – сток в нижнем створе, 5 – потери или дополнительное поступление.

Таким образом, при сопоставлении величин потерь с величинами поступления воды в верхней части реки, можно сделать вывод, что с увеличением поступления воды в верхней части реки, потери на транзитном участке в пределах Республики Казахстан увеличиваются.

Если сравнить потери воды р. Сырдарьи на отдельных участках, то очевидно, что наибольшие потери происходят в Южно-Казахстанской области (ЮКО), т.е. на участке от Шардаринского водохранилища до уч. Коктобе. В 2009 г. из суммарных потерь по всей длине (4,71 км³) на долю ЮКО приходится 2,6 км³. В 2010 г. из суммарных потерь (12,7 км³) на долю ЮКО приходится 4,6 км³ воды. Частично потери 2010 г. на этом участке объясняются заполнением Коксарайского контррегулятора.

Для оценки времени распространения волны пониженных (повышенных) попусков из Шардаринского водохранилища вниз по руслу р. Сырдарьи необходимо выбрать период с резким изменением режима работы Шардаринской ГЭС. В расчетах использован период с октября по декабрь 2009 г., когда в связи со строительством Коксарайского контррегулятора сбросы воды из Шардаринского водохранилища были сначала сокращены с 850 до 150 м³/с, а затем вновь увеличены до 600...650 м³/с.

На рис. 3 приведены расходы воды р. Сырдарье в различных створах.

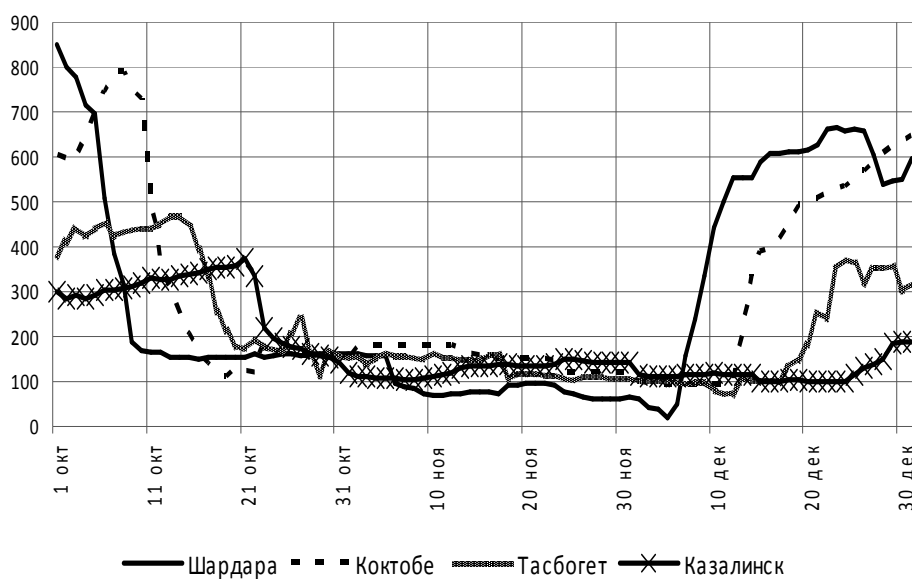


Рис. 3. Гидрограф стока р. Сырдарьи в различных гидростворах за октябрь – декабрь 2009 г.

Анализируя рис. 3 видим, что время добегания составляет: от Шардары до границы Южно-Казахстанской и Кызылординской областей

(уч. Коктюбе) – 6 суток, от границы Кызылординской области до г. Кызылорда (пгт. Тасбугет) – 6 суток; от г. Кызылорды до г. Казалинска – 7 суток. От Шардары до Казалинска – 19...20 суток.

Можно сделать вывод, что на территории Южно-Казахстанской области существуют неучтенные водозаборы объемом 2...3 км³ в год.

Коксарайский контррегулятор был построен для регулирования стока р. Сырдарьи на территории Казахстана; в 2010 г. он был сдан в эксплуатацию. Контррегулятор позволяет аккумулировать часть стока Сырдарьи зимой и возвращать его в русло в период вегетации.

В период с 10 февраля по 30 марта 2010 г. осуществлялось наполнение Коксарайского контррегулятора. Величина заборов воды из р. Сырдарьи в контррегулятор была в пределах 100...200 м³/с, суммарный объем воды составил 0,9 км³.

Влияние Коксарайского контррегулятора на русловой водный баланс р. Сырдарьи еще не изучено. В 2009 г. в период февраль-март потерь стока в пределах ЮКО не было. В 2010 г. суммарные потери на этом участке в период наполнения контррегулятора составили 1,35 км³. Из них 0,9 км³ пошло на заполнение контррегулятора. В дальнейшем сбросы воды из контррегулятора в русло р. Сырдарьи на водном балансе этого участка не отразились, т.е. не наблюдалось превышения стока на посту Коктюбе относительно стока на гидросту Шардара. Но, поскольку 2010 г. – первый год эксплуатации Коксарайского контррегулятора (к тому же этот год не характерный, а экстремально многоводный), делать какие-либо выводы рано.

Для того чтобы оценить влияние Коксарайского контррегулятора на русловой водный баланс р. Сырдарьи, необходимы сведения о его работе в течение еще нескольких лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследования ресурсов поверхностных вод и элементов водного баланса в районах орошаемого земледелия Южного Казахстана: Отчет о НИР/ГГИ ГУГМС СМ СССР. – Л.: 1972 – С. 734-809.
2. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши с 2000 по 2009 гг. – Ч. 1. – Вып. 5. Бассейн р. Сырдарьи. – Алматы. – 2001...2010 гг.
3. Мальковский И.М. Географические основы водообеспечения природно-хозяйственных систем Казахстана. – Алматы. 2008. – 203 с.

Поступила 29.03.2012

Техн. ғылым.канд. С.П. Шиварева
Геогр. ғылым.канд. В.П. Попова
Л.Н. Никифорова
А.О. Домран

ШАРДАРА СУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ТӨМЕНГІ БЬЕФІНЕН БАСТАП СОЛТҮСТІК АРАЛ ТЕНІЗІНЕ ДЕЙІНГІ СЫРДАРЬЯ ӨЗЕНІНІҢ АРНАЛЫҚ СУ БАЛАНСЫ

Сырдарья өзенінің Қазақстан Республикасы аумағындағы 6 участка бойынша 2009 және 2010 жылдар арналық балансын есептеу нәтижелері келтірілген. Ағынның жету уақыты Оңтүстік Қазақстандағы мен Шардарадан Қызылорда облысының шекарасына дейін (Көктөбе уч.) – 6 тәулік, Қызылорда облысы шекарасынан Қызылорда қаласына дейін (Тасбөгет пгт.)-6 тәулік, Қызылорда қаласынан Қазалы қаласына дейін – 7 тәулік, Шардарадан Қазалыға дейін – 19...20 тәулік. Сырдарья өзенінде өзен ұзындығымен ағынның азаюы байқалатыны дәлелденген. Шығынның көбі Төмен-Арық темір жол станцасынан Қазалы қаласына дейінгі учаскеде 191-ден 258 м³/с құрайды. Ағынның аз шығындалатын учаскесі Казалы қаласынан Қаратерен ауылына дейін 23,7-ден 70,5 м³/с құрайды. Сулылықтың көбейуімен өзен ұзындығы бойынша шығынның артуы да байқалады. Барлық учаскелер үшін максималды ағын шығыны үшінші, кейде екінші тоқсанда байқалады.

УДК 551.583.7:551.435.2(574)

Доктор техн. наук Р.К. Яфязова *

**К ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ СЕЛЕВОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ
ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА***СЕЛИ, АКТИВНОСТЬ, СЕЛЕФОРМИРОВАНИЕ,
КЛАССИФИКАЦИЯ, КЛИМАТ, ИЗМЕНЕНИЕ, ГЛОБАЛЬНОЕ
ПОТЕПЛЕНИЕ*

Достоверность оценки селевой активности в значительной степени определяет эффективность стратегии защиты от селей. Оценка селевой активности в регионах, где относительно небольшие изменения глобального климата влекут значительные изменения характеристик факторов селеформирования, имеет особую сложность. В таких условиях целесообразно использование результатов палеоклиматических исследований, а также данных о закономерностях изменения характеристик факторов селеформирования при изменении климата.

Важной характеристикой, необходимой при решении задач, связанных с защитой от селей, является селевая активность. В терминологическом словаре «Селевые явления» [7] дается следующее определение селевой активности. «Селевая активность – интенсивность развития селевого процесса во времени и в пространстве». Существуют и другие определения селевой активности. Тем не менее, нельзя утверждать, что этот вопрос исчерпан.

Одна из первых классификаций селевой активности принадлежит П.С. Непорожнему [6]. В качестве показателя «потенциальной селеопасности», что может интерпретироваться и как селевая активность, он предложил использовать количество наносов, поступающих в среднем за один сель с 1 км² площади бассейна.

Б.В. Поляков (1935 г.) оценивал селевую активность (селеносность) бассейна по степени размываемости водосборной поверхности. Степень размываемости он характеризовал коэффициентом размываемо-

* Казгидромет, г. Алматы

сти, значения которого изменялись от 1...2 для слаборазмываемых до 6...8 для сильноразмываемых.

И.И. Херхеулидзе (1947 г.) ввел понятие коэффициента селеносности, под которым понималось отношение количества наносов, выносимых с 1 км², к количеству наносов, выносимым из бассейна средней селевой активности. Бассейн р. Киши Алматы с коэффициентом селеносности 1,0...1,5 Херхеулидзе отнес к сильно селеносным. Слабо селеносным бассейнам присваивался коэффициент 0,5...0,7. Позже И.И. Херхеулидзе дополнил эту классификацию критерием, учитывающим степень эродированности селевых бассейнов.

С.Г. Рустамов (1956 г.) классифицировал селевые бассейны по частоте возникновения селей:

- повышенная селевая активность – сели проходят не реже одного раза в 2...3 года;
- средняя селевая активность – один раз в 3...5 лет;
- слабая селевая активность – один раз в 5...10 лет.

Он же предлагал классифицировать селевые бассейны по объему твердого материала, выносимого одним селем.

Д.Л. Соколовский (1957 г.) предлагал установить связь количества наносов с 1 км² с высотными зонами селевых бассейнов:

- 15000...25000 м³ – истоки селевого питания расположены выше 2500...3000 м над уровнем моря;
- 5000...15000 м³ – истоки питания 1000...2500 м над уровнем моря;
- менее 5000 м³ – истоки питания ниже 1000 м над уровнем моря.

В приведенных выше классификациях акцент сделан на одном из признаков (высотное расположение области формирования селей, объем селя, вынос наносов с 1 км² площади селевого бассейна, повторяемость селепроявлений в бассейне и т.д). С.М. Флейшман (1948 г.) предложил классификацию, учитывающую, по его мнению, основные признаки селеопасности селевого бассейна (табл. 1): повторяемость, объем селевых выносов одним селевым потоком определенной повторяемости, удельный расход селя на 1 м его ширины с учетом структуры селевой массы, разрушительное действие потока. С.М. Флейшман предложил и следующую дифференциацию селеопасных бассейнов:

- исключительно селеопасный – суммарный объем выносов за 100 лет – 1...10 млн. м³ и более;
- весьма селеопасный – 100000...1 млн. м³;

- среднеселеопасный – 10000...100000 м³;
- слабоселеопасный – 1000...10000 м³.

Таблица 1

Классификация селевых бассейнов по С.М. Флейшману

Категория селеопасности	Максимальные показатели селя 1 % повторяемости		Воздействие потока на сооружения
	Объем, тыс. м ³	Удельный расход на 1 м ширины потока (q), м ³ /с	
I	до 50	до 5/3*	Небольшие размывы, частичные забивки отверстий водопропускных сооружений
	50...100	до 4/2,5	
	100...200	до 3/2	
II	50...100	5...7/3...5	Сильные размывы, полная забивка отверстий, повреждение и снос бесфундаментных строений
	100...200	4...6/2,5...4	
	200...300	3...5/2...3,5	
III	100...400	7...9/5...7	Большая разрушительная сила: снос мостовых ферм, разрушение устоев мостов, каменных строений, дорог
	200...600	6...8/4...6	
	300...800	5...7/3,5...5	
IV	400	9/7	Катастрофические сели: разрушение целых селений, участков дорог вместе с полотном и сооружениями, погребение сооружений под наносами
	600	8/6	
	800 >	7/5	

Примечание: * В числителе даны значения q для водно-каменных и других несвязных селей, в знаменателе – для связных грязевых и густых грязекаменных селей.

Классификация С.Г. Рустамова (1956 г.) [9], основанная на учете повторяемости селей, также зависит от природы селеформирования. Скорее всего, она может быть использована при оценке селевой активности бассейнов, где сели в основном образуются в ходе выпадения интенсивных дождей. Классификация этого же автора, основанная на информации об объеме твердого материала, выносимого одним селем, без указания повторяемости селевых явлений мало информативна.

Наибольшую ценность, по-видимому, представляет классификация С.М. Флейшмана, приведенная в табл. 1, позволяющая «оценить возможную селевую потенцию бассейна» [17].

С.М. Флейшман считал, что жизненного опыта одного-двух поколений, с учетом дендрохронологического и других методов определения объема селей за сто лет, достаточно для определения приведенной селевой активности. Под приведенной селевой активностью понимается частное от деления суммарного объема селевых выносов за 50...100 лет на число лет, образующих отрезок учтенного времени [7]. Такая рекомендация приемлема для общегеографического описания районов, подверженных воздействию селей в условиях стабильного климата. Однако использовать ее в условиях изменяющегося глобального климата вряд ли допустимо.

Наиболее достоверные данные о селевой активности на северном склоне Иле Алатау получены за последние 150 тыс. лет. Известно, что селевые явления возникают при синхронной реализации трех факторов: геологического, геоморфологического и гидрометеорологического. История развития северного склона Иле Алатау, где сели являются основным механизмом переноса наносов из высокогорной зоны на конусы выноса, расположенные на предгорной равнине, свидетельствует о том, что селевая активность в плейстоцене резко изменялась. Своего максимума она достигла, скорее всего, в рисс-вюрмское межледниковье и была практически нулевой в периоды оледенений.

Прекращение селевой деятельности в ледниковые периоды объясняется резким сокращением площади водосборов, где ливневые осадки выпадают в жидком виде, уменьшением энергии рельефа, так как вся высокогорная область, покрытая снегом и льдом, не могла быть местом зарождения и развития селей. Значительно уменьшились в этот период времени и потенциальные возможности геологического фактора – мощность рыхлообломочных отложений в средней и низкогорной зонах существенно меньше, чем в высокогорной зоне. Максимум селевая активность достигала в периоды, когда во всех высотных зонах хребта ливневые осадки выпадали в виде дождей. Это происходило, когда температура воздуха в Антарктиде превышала современную на 2...3 °С.

Селевая активность в голоцене (последние 10...12 тыс. лет), даже в период его климатического оптимума, была ниже селевой активности второй половины 20 века. Сохранившийся лессовый покров на большей части поверхности конусов выноса рек Улькен и Киши Алматы является доказательством тому.

В 1999...2000 гг. была дана оценка объема наносов, отложившихся на конусах выноса рек Улькен и Киши Алматы в голоцене [9]. Эти от-

ложения, частично перекрывающие лессовый покров, образовавшийся в вюрме, и, следовательно, имеющие возраст, не превышающий 10...12 тыс. лет. Лессовый покров перекрывает селевые и аллювиальные отложения, образовавшиеся в ресс-вюрмском межледниковье. По возможности измерялась мощность лесса. Поскольку поверхность ресс-вюрмских отложений из-за наличия камней, гальки и т.д. была неровной, погрешность измерения мощности лессового покрова составляла $\pm 0,1$ м. Там, где измерить мощность лесса было не возможно из-за недостаточной глубины выемки, давалась ее минимальная оценка. Данные о расположении точек, где определялись мощности наносов и лессового покрова нанесены на схему конусов выноса рек Улькен и Киши Алматы (рис. 1).

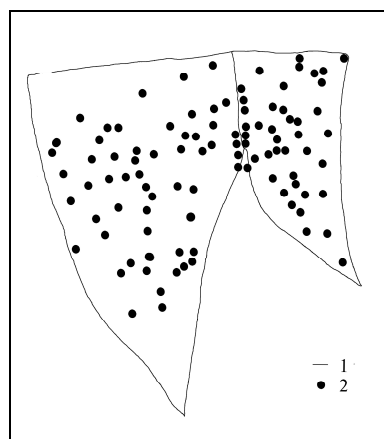


Рис. 1. Схема расположения точек, где определялась мощность лесса, селевых и аллювиальных отложений на конусах выноса рек Улькен и Киши Алматы (справа и слева соответственно). 1 – граница конуса выноса; 2 – место оценки мощности отложений.

Результаты этой оценки оказались неожиданными: большая часть площади конусов выноса (более 80 %) перекрыта лессом, мощность которых изменяется от десятых долей метра до 11 м (район метеостанции Алматы). Мощность селевых отложений, перекрывающих лесс на незначительной части площади конусов выноса, изменяется от долей метра до 1,2 м.

Результаты обработки описанных выше наблюдений с большой степенью достоверности позволяют утверждать, что объем селевых отложений голоцена на конусе выноса р. Киши Алматы не превышает 3 млн. м³, а на конусе выноса р. Улькен Алматы – 4 млн. м³. Относительно малая селевая активность бассейна р. Улькен Алматы (его площадь превышает площадь бассейна р. Киши Алматы более чем в 2 раза) объ-

ясняется низкой селевой активностью частного бассейна р. Проходная и перехватом твердого стока из частного бассейна р. Озерная озером Улькен Алматы, служащим на протяжении 20...25 тыс. лет естественным селехранилищем [14]. Имеющаяся информация свидетельствует о том, что выносы селей на конусы выноса других рек северного склона Иле Алатау в голоцене были также очень незначительными.

Если сравнить объем селевых отложений в голоцене на конусе выноса р. Киши Алматы с объемом селевых отложений в рисс-вюрмское межледниковье, составившим 1,0...1,2 млрд. м³ [15], нетрудно прийти к выводу, что селевая активность в голоцене крайне незначительно отразилось на морфометрических характеристиках конусов выноса, расположенных на предгорной равнине. Вывод об относительно низкой селевой активности на северном склоне Иле Алатау в голоцене подтверждается и хорошей сохранностью вюрмской морены в долине р. Киши Алматы, которая заканчивается на высоте 2500...2600 м, а также морен этого же возраста в других долинах хребта. Большинство селевых врезов на этих моренах образовалось в 20 веке.

Об очень низкой селевой активности на северном склоне Иле Алатау в последнем тысячелетии свидетельствуют и результаты изучения ленточных глин, оказавшихся на поверхности после опорожнения озера Есик в 1963 г. Сели, сравнимые с селями 1958 и 1963 гг., в бассейне р. Есик не формировались по меньшей мере 300 лет [11], а по данным Е.М. Калмынкиной и А.П. Горбунова – 700 лет [3].

Очень низкая относительная селевая активность на северном склоне Иле Алатау в голоцене до сих пор остается загадкой, поскольку в климате голоцена имеется интервал, известный как климатический оптимум, продолжавшийся более 2000 лет. В этот период средняя температура воздуха в Антарктиде превышала современное значение примерно на 1 °С, ледяной покров Северного Ледовитого океана сократился по площади почти вдвое, Исландию наполовину покрывали березовые леса (их площади сейчас занимают менее 1 %). «По существующим оценкам, в Европе было теплее на 2 °С ...» [5]. Близкая к современной была и температура воздуха в интервале 4...5 тыс. лет назад [24]. Если на юге Казахстана температура воздуха в период климатического оптимума голоцена увеличивалась также как в Европе, это должно было приводить к практически полной дегляциации хребтов Западного и Северного Тянь-Шаня и, следовательно, не только к активизации селей гляциального, но

и резкой активизации селей дождевого генезиса. По мнению Б.С. Степанова [11], это несоответствие может быть объяснено тем, что стадийные морены вюрма сыграли роль естественных плотин, аккумулировавших сели голоцена, формировавшиеся в высокогорной зоне.

Эта гипотеза подтверждается и данными геофизических наблюдений на леднике Туюксу, проводившихся в период Международного геофизического года. В частности, под ледником Туюксу были обнаружены рыхлообломочные отложения мощностью около 100 м. Эти отложения не могли образоваться в вюрме, так как в периоды оледенений в результате корразии происходит углубление долин. Это хорошо видно на примере верхней трети долины р. Киши Алматы, где в результате углубления основной долины образовались висячие долины.

Однако гипотеза об активизации селей в климатическом оптимуме голоцена не подтверждается геоморфологическим строением висячих долин бассейна р. Киши Алматы, свидетельствующим о практически полном отсутствии селевой деятельности в этих долинах в голоцене. На возможность низкой селевой активности на северном склоне Иле Алатау указывают и последние результаты исследования климата оптимума голоцена на территории Северной Евразии, согласно которым отклонение средних температур июля от современных значений в Тянь-Шаньском регионе могло иметь даже отрицательные значения [4].

Сугубо нелинейная зависимость селевой активности на северном склоне Иле Алатау от средней летней температуры воздуха в высокогорной зоне создает большие проблемы при разработке стратегии защиты от селей. Разработка стратегии защиты от селей может основываться на трех гипотезах о климате 21 века:

- климат станет более прохладным;
- существенных изменений климата не произойдет;
- климат потеплеет.

В первом случае, если существующие селезащитные сооружения соответствуют потенциальным угрозам, стратегия защиты может быть сведена к грамотной эксплуатации селезащитных сооружений.

Во втором случае, при неизменном климате и соответствии селезащитных сооружений потенциальным угрозам необходимо разработать и, при необходимости, внедрить мероприятия, обеспечивающие защиту от селей в ситуации, когда существующие селезащитные сооружения выполняют свои функции и окажутся не дееспособными.

В третьем случае ситуация наиболее сложная, поскольку для разработки стратегии защиты от селей необходим прогноз (сценарий) изменения селевой активности.

Анализ сценариев изменения климата в Казахстане в первой половине 21 века свидетельствует о том, что к 2050 г. следует ожидать увеличения температуры воздуха на 2,7...2,8 °С, осадки при этом изменятся очень незначительно: на 10...15 %, причем знак изменения величины осадков имеет очень большую степень неопределенности. Следовательно, при оценке изменения селевой активности в результате глобального потепления допустимо принятие гипотезы о неизменности величины осадков. Следует также иметь в виду, что потепление климата в Казахстане более чем в 2 раза превышает темпы глобального потепления [2].

По данным Е.Н. Вилесова, глобальное потепление приведет к полной дегляциации хребта Иле Алатау уже к концу 21 века [1]. Учитывая прогнозируемое время полной дегляциации Иле Алатау, а также время, необходимое для зарождения и развития озер моренно-ледниковых комплексов в данном регионе (50...70 лет), можно утверждать, что угроза возникновения селей гляциального генезиса будет сведена к минимуму. Сказанное не означает, что защита от селей гляциального генезиса теряет актуальность. Напротив, глобальное потепление и связанное с ним ускорение процессов формирования и развития водоемов моренно-ледниковых комплексов потребует на протяжении первых десятилетий 21 века активизации превентивных работ по искусственному опорожнению водоемов на моренно-ледниковых комплексах.

В условиях климата 20 века один раз в несколько десятилетий создавались гидрометеорологические ситуации, приводившие к формированию катастрофических селей дождевого генезиса. Прогнозируемое потепление климата приведет к тому, что увеличится продолжительность селеопасного периода, в высотной зоне 3600...4000 м в летнее время осадки будут выпадать преимущественно в виде дождей. Дегляциация бассейнов рек северного склона Иле Алатау вызовет увеличение числа рытвин в стартовой зоне. Возрастет и площадь стокообразования, вследствие чего дожди с меньшей интенсивностью станут селеформирующими. Поэтому изучению условий формирования селей дождевого генезиса, разработке превентивных мероприятий, направленных на предотвращение этих селей или уменьшение их характеристик, должно уделяться первостепенное внимание. Селевая активность возрастет не только за счет увеличения

повторяемости селевых явлений, но и объема и расхода селей [8, 10, 12, 13, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27].

Результаты оценки изменения селевой активности на северном склоне Иле Алатау при различных сценариях изменения климата в первой половине 21 века (при линейном характере увеличения температуры воздуха) приведены на рис. 2.

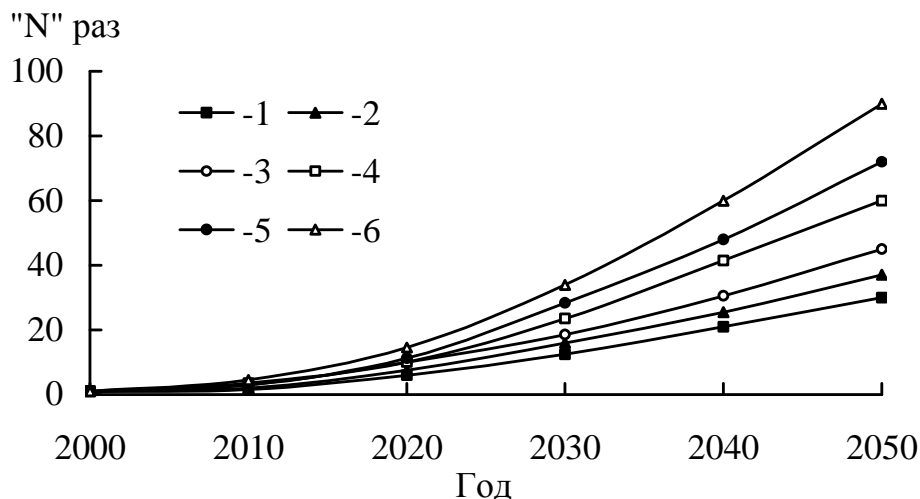


Рис. 2. Изменение повторяемости селеформирующих осадков и селевой активности для различных сценариев изменения климата до 2050 г.

Изменение повторяемости селеформирующих осадков: 1 – $\Delta t = 2^\circ\text{C}$, 2 – $\Delta t = 3^\circ\text{C}$, 3 – $\Delta t = 4^\circ\text{C}$; изменение селевой активности: 4 – $\Delta t = 2^\circ\text{C}$, 5 – $\Delta t = 3^\circ\text{C}$, 6 – $\Delta t = 4^\circ\text{C}$.

Из рис. 2 следует, что уже в первой половине 21 века существует вероятность увеличения селевой активности в десятки раз по сравнению с 20 веком. В связи с этим необходимость разработки новой стратегии защиты от селей, способной предотвратить экологическую катастрофу и сохранить устойчивое развитие Казахстана, не вызывает сомнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н. Эволюция внутриконтинентальной ледниковой системы в XX веке (на примере северного склона Заилийского Алатау): Автореф. дис. ... доктора геогр. наук. / Казахский НУ им. аль-Фараби – Алматы, 1997. – 47 с.

2. Долгих С.А., Смирнова Е.Ю., Сабитаева А.У. К вопросу о построении сценариев изменения климата Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №1. – С. 7–19.
3. Калмынкина Е.М., Горбунов А.П. Причины возникновения и рельефообразующая роль Иссыкского селя // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1967. – №4 – С. 53-58.
4. Климанов В.А. Продолжительность безморозного периода в оптимум голоцена (около 5500 л.н.) на территории Северной Евразии // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. – 2006. – №1. – С. 61-67.
5. Лосев К.С. Климат: вчера, сегодня ... и завтра? – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 175 с.
6. Непорожний П.С. Защита гидроэлектростанций от селевых потоков. – М.: Госэнергоиздат, 1947. – 167 с.
7. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 45 с.
8. Разработка инженерно-технических мероприятий по предотвращению образования селевых и оползневых явлений в горно-предгорной зоне Заилийского Алатау: Отчет о НИР / Казгидромет. – №ГР 0111РК00177, Инв. № 0211РК00432. – Алматы, 2010. – 279 с. – Отв. исполнитель Б.С. Степанов
9. Рустамов С.Г. Селевые потоки в Азербайджане // Труды ИГАН АзССР. – 1957. – №7.
10. Степанов Б.С. Глобальное потепление и селевая активность / Сборник научных трудов Министерства охраны окружающей среды РК «Научно-прикладные исследования в области охраны окружающей среды». – Т.1. – Алматы: ЦОЗиЭП, 2006. – С. 41-50.
11. Степанов Б.С. Основные закономерности формирования, движения и остановки селей: Автореф. дис. ... доктора геогр. наук. / Институт географии АН РК– Алматы, 1999. – 48 с.
12. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Радикальный пересмотр стратегии защиты от селей – необходимое условие устойчивого развития горных и предгорных районов Казахстана // Проблемы гидрометеорологии и экологии: Материалы международной научно-практической конференции – Алматы, 2001. – С. 32-35.
13. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Разработка и реализация современной стратегии защиты от селей – актуальная проблема обеспечения устойчивого развития Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2004. – № 3. – С. 112-119.

14. Степанов Б.С., Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К. Свершившиеся и потенциальные постсейсмические катастрофы на Северном Тянь-Шане // Тезисы докладов второго Казахстанско-Японского семинара по предотвращению последствий разрушительных землетрясений. – Алматы, 23–25 сентября 2002 г. – С. 28–29.
15. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Климат голоцена и селевая активность на северном склоне Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. – 2002. – №1. – С. 74–81.
16. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Концепция защиты от селей г. Алматы в условиях изменяющегося климата // Гидрометеорология и экология. – 2006. – № 1. – С. 67-79.
17. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 352 с.
18. Шиварева С.П., Долгих С.А., Степанов Б.С., Яфязова Р.К., Ли В.И., Голубцов В.В., Попова В.П., Баймагамбетов Б.О., Петрова Е.Е. Влияние изменения климата на водные ресурсы бассейнов озера Балхаш и Аральского моря // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №3. – С. 36–61.
19. Яфязова Р.К. Влияние климата на селеформирующие факторы // Гидрометеорология и экология. – 1997. – № 3. – С. 209-216.
20. Яфязова Р.К. Глобальное потепление и активизация селей дождевого генезиса // Новости науки Казахстана. – 2007. – №2. – С. 12–16.
21. Яфязова Р.К. О селевой активности на северном склоне Заилийского Алатау // Устойчивость, антропогенная трансформация и оптимизация природной среды Казахстана: Тезисы докладов Республиканской научной конференции. – Алматы, 1998. – С. 149-151.
22. Яфязова Р.К. Оценка селевой активности и прогнозирование ее изменения в условиях глобального потепления климата: Автореф. дис. ... доктора техн. наук. – Алматы, 2009. – 36 с.
23. Яфязова Р.К. Селевая активность в Заилийском Алатау в прошлом, настоящем и будущем / Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. – Алматы: 1998. – С. 511-515.
24. Jouzel, J., Lorius, C., Petit, J.R., Barkov, N.I. & Kotlyakov, V.M. 1994. Vostok isotopic temperature record. In T.A. Boden, D.P. Kaiser, R.J. Sepanski & F.W. Stoss (eds.), Trends'93: A Compendium of Data on Global Change: 590-602. ORNL/CDIAC-65. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., USA.

25. Yafyazova, R.K. 2003. Influence of climate change on mudflow activity on the northern slope of the Zailiysky Alatau Mountains, Kazakhstan. In D. Rickenmann & C.L. Chen (eds), Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment; Proceedings 3rd International DFHM Conference, Davos, Switzerland, September 10-12, 2003:199-204.
26. Yafyazova, R.K. 2005. Estimation of mudflow activity under the changing climate. Journal of Nepal Geological Society, Vol. 32, (Special Issue). Abstracts of the Fifth Asian Regional Conference on Engineering Geology for Major Infrastructure Development and Natural Hazards Mitigation, September 28-30, 2005, Kathmandu, Nepal, p. 78.
27. Yafyazova, R.K. 2010. Defense against debris flows in Kazakhstan. In A.L. Williams, G.M. Pinches, C.Y. Chin, T.J. McMorran & C.I. Massey (eds), Geologically Active: Proceedings of the 11th IAEG Congress, Auckland, New Zealand, 5-10 September 2010: 1559-1565.

Поступила 6.01.2012

Техн. ғылымд. докторы Р.К. Яфязова

КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІНЕ БАЙЛАНЫСТЫ СЕЛДІК БЕЛСЕНДІЛІКТІ БАҒАЛАУ ПРОБЛЕМАСЫНА

Селдік белсенділікті бағалаудың растығы селден қорғанудың тиімді стратегияларын елеулі дәрежеде анықтайды. Ғаламдық климат өзгерісі айтарлықтай үлкен емес, селдің құрылу факторлары мінездемелері елеулі өзгерген аумақтардағы сел белсенділігін бағалау ерекше күрделілік туғызады. Бұл жағдайларда палеоклиматтық зерттеулер нәтижелерін, сонымен қатар климаттың өзгеруімен селдің құрылу факторлары мінездемелерінің өзгеру заңдылықтары мәліметтерін қолданған маңызды.

УДК 556.18.004.14

Канд. техн. наук

С.П. Шиварева *

Канд. техн. наук

В.И. Ли *

**ОЦЕНКА УРОВНЯ СЕВЕРНОГО АРАЛЬСКОГО МОРЯ С УЧЁТОМ
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И В УСЛОВИЯХ
ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА***УРОВЕНЬ, ИЗМЕНЕНИЕ, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ХО-
ЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, КЛИМАТ*

В настоящее время уровень Северного Аральского моря достиг отметки 42 м. Для оценки возможного изменения уровня Северного Аральского моря проведена серия численных экспериментов. Моделирование проводилось с использованием водобалансовой модели и двух сценариев изменения климата А2 и В2. Сделан вывод, что для поддержания уровня Северного Аральского моря на современной отметке недостаточно будет тех водных ресурсов, которыми будет располагать Казахстан в перспективе при современной хозяйственной деятельности и предстоящих изменениях климата.

Основным источником поступления воды в Северное Аральское море является р. Сырдарья. Створ Каратерень – самый нижний створ, и в основном он характеризует приток в Северное Аральское море. На разностно-интегральной кривой (рис. 1) можно выделить три периода: период маловодья (1976...1987 гг.), средний по водности период (1988...2001 гг.) и многоводный период после 2001 г. Последний период совпал с наполнением Северного Аральского моря, после строительства Кок-Аральской плотины, отделяющей Северный Арал от высыхающей южной части.

По данным измерений в настоящее время уровень Северного Аральского моря достиг 42 м, т.е. уровня, который предполагается поддерживать в перспективе.

Значения испарения с поверхности Аральского моря и осадков на его поверхность за период с 1961 по 1985 гг. приведены в монографии [1]. После образования Северного Арала достоверных данных по испарению с его поверхности нет. Поэтому была предпринята попытка оценить его среднюю величину в процессе моделирования. С этой целью за период

* Казгидромет, г. Алматы

осуществления наблюдений за уровнем (2002...2008 гг.) по притоку р. Сырдарья – п. Каратерень было произведено моделирование уровня Северного моря. В качестве среднего значения эффективного испарения была принята величина, равная 910 мм. Моделирование осуществлялось, используя уравнение водного баланса, при условии поддержания уровня на отметке 42 м. По результатам расчетов оценен сброс воды из Северного Арала в Большой Арал как остаточный член водного баланса. В результате получена его величина на конец 2008 г. равная 1,2 км³.

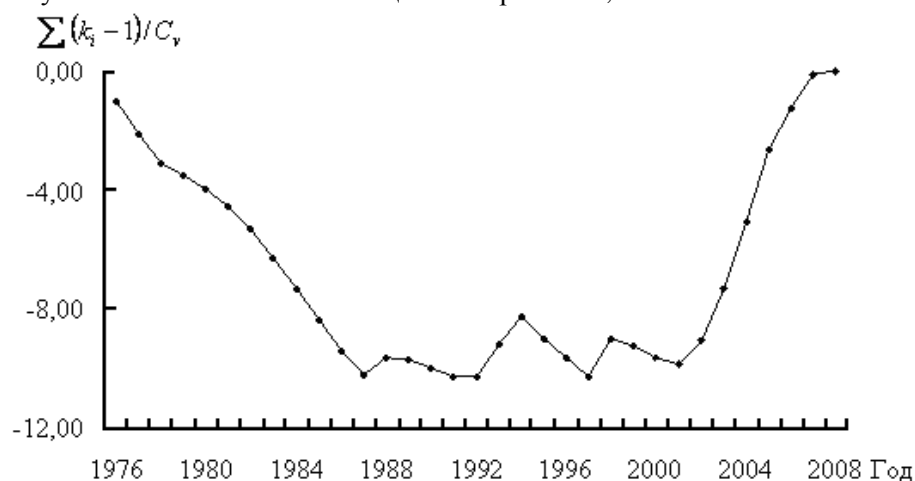


Рис. 1. Разностно-интегральная кривая стока р. Сырдарья в створе Каратерень.

Далее было проведено моделирование вероятной динамики уровня Малого моря с использованием натурального ряда стока р. Сырдарья – п. Каратерень с учетом маловодных и многоводных периодов в стоке р. Сырдарьи. Расчет уровней водоема производится методом последовательных приближений.

Для поддержания уровня Северного Арала на отметке 42 м необходимо, чтобы приток мог компенсировать испарение с поверхности моря и сброс из Северного Арала, если он будет осуществляться. Было промоделировано два варианта с учетом сброса в Большой Арал и при его отсутствии. На рис. 2 приведены моделированные значения уровня Северного Арала на 33-летнюю перспективу по стоку за период 1976... 2008 гг. и сбросу, равному ($P = 0$ и $P = 1,2$ км³). Период 1976... 2008 гг. отражает условия устойчивого водопотребления и современного климата.

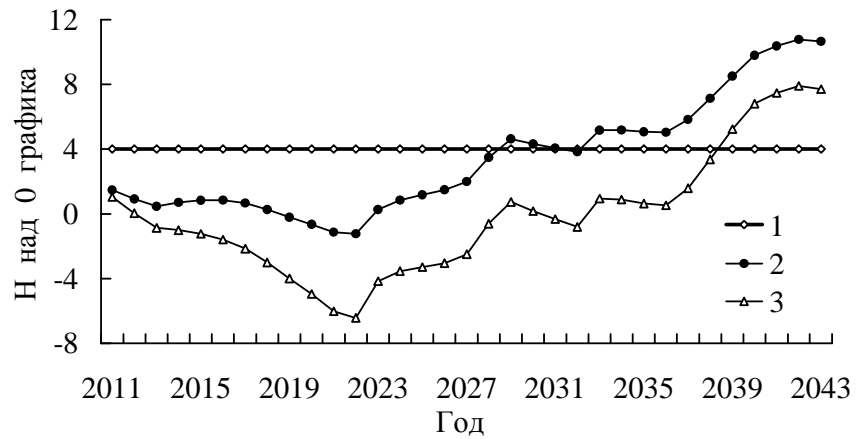


Рис. 2. Вероятная динамика уровней Северного Аральского моря в условиях устойчивого водопотребления в бассейне р. Сырдарьи и современного климата. 1 – уровень 42 м; 2 – уровень при $P = 0$; 3 – уровень при $P = 1,2 \text{ км}^3$. Ноль графика = 38 м.

Этот график показывает, как может изменяться уровень моря в перспективе до 2043 г., при условии, если речной сток в Северный Арал будет равный наблюдаемым значениям стока р. Сырдарьи – п. Каратерень за период 1976... 2008 гг. При отсутствии сброса в Большой Арал будет наблюдаться уровень выше 42 м в течении 15 лет из 33. При значениях сброса $P = 1,2 \text{ км}^3$ этот период уменьшится до 5 лет.

Выполненные расчёты позволили оценить изменение уровня Северного Аральского моря с учётом хозяйственной деятельности в условиях современного климата:

1. В условиях современного климата (при современном устойчивом водопотреблении) уровень Северного Аральского моря будет подвергаться значительным изменениям. При отсутствии сброса в Большой Арал в маловодный период воды, как правило, хватать не будет, ее дефицит составит порядка 2 км^3 в отдельные годы.

2. В средний по водности период в отдельные годы тоже будет небольшой дефицит – менее 1 км^3 .

3. В многоводный период будет наблюдаться «избыток» стока (до 8 км^3), который можно будет использовать для поднятия уровня моря выше 42 м или для других целей.

4. В случае если будет осуществляться сброс в Большой Арал, в маловодный период дефицит воды в отдельные годы будет составлять $1...3 \text{ км}^3$.

5. В средний по водности период в отдельные годы дефицит будет равен 1...2 км³, и только в многоводный период будет наблюдаться «излишек» притока до 6...7 км³.

Для оценки перспектив существования Северного Аральского моря в условиях изменения климата в первой половине 21 века, выполнена оценка уязвимости водных ресурсов его бассейна. Оценка уязвимости водных ресурсов вследствие антропогенного изменения климата проводилась по бассейну реки Арысь, используемой в качестве индикатора для определения уязвимости водных ресурсов р. Сырдарьи.

Для оценки влияния потенциального антропогенного изменения климата на водные ресурсы бассейна р. Сырдарьи выполнены следующие виды работ:

1) Проведена подготовка исходных данных, необходимых для использования модели формирования стока, разработанной В.В. Голубцовым [2];

2) Определены параметры модели;

3) Произведены численные эксперименты на модели для исследуемых бассейнов;

4) Получена оценка уязвимости водных ресурсов в бассейне р. Арысь по заданным сценариям изменения климата.

Численные эксперименты производились с целью проверки точности результатов расчетов. Для этого рассчитанные с помощью модели гидрографы стока сопоставлялись с фактическими гидрографами. В большинстве случаев совпадение рассчитанных и фактических гидрографов оказалось достаточно удовлетворительным. В целом результаты численных экспериментов позволяют сделать вывод о возможности использования модели формирования стока для оценки водных ресурсов бассейна Северного Аральского моря, особенно для горных районов, где влияние на сток хозяйственной деятельности в настоящее время еще относительно невелико.

В таблице приведены отклонения водных ресурсов, рассчитанные при антропогенном изменении климата, от значений естественных ресурсов в бассейне р. Арысь на перспективу до 30 и 50 лет. Антропогенные изменения климата оценивались по сценариям А2 и В2 [3]. Для условий Казахстана в определенной мере следует ориентироваться на оба сценария изменения климата. Данные таблицы показывают, что если изменения климата на перспективу до 30 лет будут происходить в соответствии со

сценарием А2, то водные ресурсы в горном бассейне р. Арысь увеличатся, в среднем на 0,75 %. Сценарий В2 более «жесткий». Согласно этому сценарию водные ресурсы в бассейне р. Арысь уменьшатся, но на незначительную величину – 1,95 %.

Таблица

Отклонения измеренных значений речного стока (ΔW , %), атмосферных осадков (ΔX , %) и температуры воздуха (ΔT , °С) от моделированных их значений при сценариях климата А1 и В2 в перспективе на 30 и 50 лет

Река	ΔW , %		ΔX , %		ΔT , °С	
	А2	В2	А2	В2	А2	В2
	Период 30 лет					
Арысь	0,75	-1,95	2,86	1,85	1,31	1,72
	Период 50 лет					
Арысь	1,30	-7,25	3,14	2,11	2,48	2,64

Как видно из данных таблицы, в перспективе на 30 и 50 лет при 2 сценариях изменения климата осадки и температуры увеличиваются. В рассматриваемых 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. Данные этой таблицы также показывают, что если изменения климата на перспективу в 50 лет будут происходить в соответствии со сценарием А2, то водные ресурсы в бассейне рек Арысь увеличатся, в среднем на 1,29 %. Согласно сценарию В2, увеличение стока в этом районе не будет, он уменьшится примерно на 7,25 %.

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. Поэтому, можно полагать, что под влиянием антропогенного изменения климата произойдет небольшое увеличение водных ресурсов горных районов и их уменьшение в равнинных районах казахстанской части бассейна реки Сырдарья.

Данные таблицы показывают, что наиболее ощутимыми могут быть варианты сценариев А2 и В2, приведенные во второй строке этой таблицы. Вариант А2 предполагает увеличение притока на 1,3 %, а вариант В2, как более «жесткий», уменьшение притока на 7,25 %. На рис. 3, представлены

результаты моделирования уровня Северного Аральского моря в условиях осуществления сценария В2 при значениях сброса ($P = 0$ и $P = 1,2 \text{ км}^3$) с учётом той же антропогенной нагрузки, которая была в 1976...2008 гг. Этот график показывает, как может изменяться уровень моря при измененных, согласно сценарию В2, значениях стока р. Сырдарья – п. Каратерень. При отсутствии сброса в Большой Арал в течение 11 лет из 33 будет наблюдаться уровень выше 42 м. При значениях сброса $P = 1,2 \text{ км}^3$ этот период уменьшится до 5 лет.

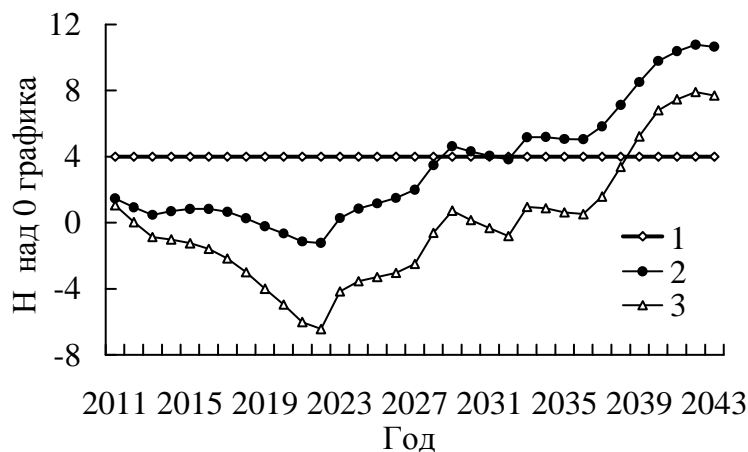


Рис. 3. Вероятная динамика уровней Северного Аральского моря с учётом хозяйственной деятельности в условиях антропогенного изменения климата. 1 – уровень 42 м; 2 – уровень при $P = 0$; 3 – уровень при $P = 1,2 \text{ км}^3$, ноль графика – 38 м.

По прогнозу до 2040 года водные ресурсы за счёт изменения климата уменьшатся не значительно. Так, в маловодный период они уменьшатся на 7 %, а поступление речной воды в Северное Аральское море за счёт хозяйственной деятельности сократится на 77 % и уровень моря упадёт до отметки 36,37 м. Сделан вывод, что под влиянием изменения климата и при сохранении такой же антропогенной нагрузки на речной сток р. Сырдарья, которая наблюдалась в последние десятилетия, не удастся в маловодные годы поддержать уровень Северного Аральского моря на современной отметке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том 7. Аральское море. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 195 с.

2. Голубцов В.В. Моделирование стока горных рек в условиях ограниченной информации. – Астана: ИДЕАП-ИС, 2010. – 231 с.
3. Долгих С.А., Смирнова Е.Ю., Сабитаева А.У. К вопросу о построении сценариев изменения климата Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №1. – С. 7-19.

Поступила 17.04.2012

Техн. ғылымд. канд. С.П. Шиварева
Техн. ғылымд. канд. В.И. Ли

**ШАРУАШЫЛЫҚ ӘРЕКЕТТІ ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП ЖӘНЕ
КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУ ЖАҒДАЙЫНДА СОЛТҮСТІК АРАЛ
ТЕҢІЗІНІҢ ДЕҢГЕЙІН БАҒАЛАУ**

Қазіргі уақытта Солтүстік Арал теңізінің деңгейі 42 м белгіге жетті. Солтүстік Арал теңізі деңгейінің өзгеру мүмкіндігін бағалау үшін сандық тәжірибелер сериясы келтірілген. Моделдеу су баланстық моделін және климат өзгеруінің А2 және В2 екі сценарийін қолданумен жүргізілді. Қазіргі шаруашылық әрекетті және алдағы климат өзгерісін ескергенде солтүстік Арал теңізінің қазіргі белгідегі деңгейін сақтап қалу үшін Қазақстандағы су ресурстары жеткіліксіз екені дәлелденді.

УДК 556.531.314

Доктор геогр. наук Р.И. Гальперин *
Д.М. Бурлибаева *

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕКИ ИШИМ

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ОБЩАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ПЕРИОД ПОЛОВОДЬЯ, ПЕРИОД МЕЖЕНИ

В настоящее время при обеспечении водоснабжения г. Астаны имеются большие проблемы, имеющие отношения к качеству воды р. Ишим. Данная же проблема в дальнейшем, т.е. после ввода в эксплуатацию второй очереди канала им. К. Сатпаева будет усугубляться за счет загрязненности р. Иртыш. Поэтому, с учетом современного состояния гидрохимического режима этих рек должны быть приняты превентивные меры по достижению качества питьевой воды г. Астаны до уровня существующих стандартов и норм. Данная статья посвящается современному состоянию гидрохимического режима р. Ишим.

Для выявления многолетнего изменения гидрохимических показателей воды р. Ишим были выбраны 5 гидрохимических створов:

- 1) р. Ишим – г. Астана (выше города);
- 2) р. Ишим – г. Астана (ниже города);
- 3) р. Ишим – с. Каменный карьер;
- 4) р. Ишим – г. Петропавловск (выше города);
- 5) р. Ишим – г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2).

При анализе гидрохимических данных были получены следующие результаты.

Общая минерализация воды за период половодья (апрель). В створе г. Астаны (выше города) минерализация за период с 1941 по 2008 гг. увеличилась в 2,2 раза (в сравнении средних значений за 1941...1950 гг. – 240,5 и за 1999...2008 гг. – 534,4 мг/дм³), а по линии тренда – увеличилась в 1,8 раза (с 275,0 до 490,0 мг/дм³).

* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

В створе г. Астана (ниже города) минерализация увеличилась в 1,8 раза (с 399,1 за 1984...2008 гг. до 705,9 мг/дм³ за 1999...2008 гг.). По линии тренда произошло увеличение в 2,1 раза (с 390,0 до 835,0 мг/дм³).

В створе с. Каменный карьер наблюдается увеличение значений минерализации в 1,2 раза (с 472,3 за 1953...1962 гг. до 543,9 мг/дм³ за 1999...2008 гг.). Анализ по линии тренда вывел увеличение минерализации в 1,7 раза (с 385,0 до 650,0 мг/дм³).

В створе г. Петропавловск (выше города) наблюдается увеличение минерализации в 1,4 раза (с 499,9 за 1941...1950 гг. до 695,6 мг/дм³ за 1999...2008 гг.). Однако по линии тренда увеличение произошло в 1,2 раза (с 550,0 до 660,0 мг/дм³).

В створе г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2) заметно небольшое уменьшение минерализации (с 657,3 до 636,2 мг/дм³).

Повсеместное увеличение минерализации можно связать с увеличением засоленности почв за счет аэрозольного переноса и миграции солей, а некоторое уменьшение в створе г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2) – с наличием очистных сооружений при ТЭЦ, где осуществляется обессоливание и осаждение некоторого количества частиц.

Общая минерализация воды за период половодья и перехода к межени (апрель-июнь). В створе г. Астана (выше города) минерализация увеличилась в 1,4 раза (с 478,5 за 1941...1950 гг. до 664,5 мг/дм³ за 1999...2008 гг.). Анализ линии тренда показал увеличение минерализации в 1,1 раз (с 475,0 до 525,0 мг/дм³).

В створе г. Астана (ниже города) минерализация увеличилась в 1,5 раза (с 530,2 за 1984...1993 гг. до 803,5 мг/дм³ за 1999...2008 гг.). Однако по линии тренда произошло более заметное увеличение в 1,8 раза (с 495,0 до 890,0 мг/дм³).

В створе с. Каменный карьер минерализация увеличилась в 1,4 раза (с 441,2 за 1950...1959 гг. до 623,7 мг/дм³ за 1989...2007 гг.), по линии тренда увеличение произошло в 1,6 раза (с 400,0 до 630,0 мг/дм³).

В створе г. Петропавловск (выше города) наблюдается увеличение минерализации в 1,3 раза (с 468,4 за 1941...1950 гг. до 620,1 мг/дм³ за 1999...2008 гг.), в 1,2 раза – по линии тренда (с 480,0 до 590,0 мг/дм³).

В створе г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2) тоже наблюдается увеличение минерализации, правда, незначительное.

Общее увеличение минерализации вод за этот период тоже можно объяснить постепенным засолением почв.

Общая минерализация воды за период зимней межени (октябрь-февраль). В створе г. Астана (выше города) наблюдается уменьшение минерализации в 1,1 раза (с 814,8 за 1948...1957 гг. до 776,8 мг/дм³ за 1999...2008 гг.), а по линии тренда – в 2 раза (с 1120,0 до 550,0 мг/дм³).

В створе г. Астана (ниже города) происходит увеличение минерализации в 1,2 раза (с 842,0 за 1984...1993 гг. до 1025,6 мг/дм³ за 1999...2008 гг.), по линии тренда – аналогичное изменение.

В створе с. Каменный карьер происходит увеличение минерализации в 1,5 раза (с 755,6 за 1956...1965 гг. до 1164,6 мг/дм³ за 1999...2008 гг., аналогично и по линии тренда).

В створе г. Петропавловск (выше города) происходит уменьшение минерализации в 1,3 раза (с 924,2 за 1952...1961 гг. до 716,1 мг/дм³ за 1999...2008 гг.).

В створе г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2) наблюдается уменьшение минерализации в 1,1 раза (с 769,3 за 1987...1996 гг. до 722,1 мг/л за 1999...2008 гг.).

Уменьшение минерализации перед г. Астаной обусловлено осаждением частиц в Вячеславском водохранилище, а перед г. Петропавловском – в Сергеевском водохранилище. Уменьшение минерализации в створе г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2) объясняется наличием очистных сооружений, в которых происходит некоторое осаждение загрязняющих элементов.

БПК₅ за период половодья (апрель). Биохимическое потребление кислорода (БПК₅) – количество кислорода, потребляемого за определенное время при биохимическом окислении содержащихся в воде веществ в аэробных условиях. Наиболее часто употребляется значение БПК₅ – биохимическое потребление кислорода в течение 5 сут. Значения БПК₅ используются для оценки загрязненности водного объекта и легкоокисляющихся органических веществ.

В створе г. Астана (выше города) наблюдается уменьшение значения БПК₅ в 1,3 раза (с 2,715 за 1968...1977 гг. до 2,037 мг О₂/дм³ за 1999...2008 гг.), а по линии тренда уменьшение происходит в 1,7 раза (с 2,510 до 1,450 мг О₂/дм³).

В створе г. Астана уменьшение БПК₅ произошло в 1,1 раза (с 2,307 за 1984...1993 гг. до 2,076 мг О₂/дм³ за 1999...2008 гг.), однако по линии тренда это уменьшение более заметно – в 1,3 раза (с 2,570 до 1,990 мг О₂/дм³).

В створе с. Каменный карьер произошло уменьшение в 1,5 раза (с 2,465 за 1969...1978 гг. до 1,642 мг $O_2/дм^3$ за 1999...2008 гг.). По линии тренда БПК₅ уменьшилось в 1,6 раза (с 2,780 до 1,740 мг $O_2/дм^3$).

В створе г. Петропавловск (выше города) – БПК₅ уменьшилось в 1,4 раза (с 2,465 за 1969...1978 гг. до 2,091 мг $O_2/дм^3$ за 1999...2008 гг.), но линия тренда свидетельствует о небольшом уменьшении характеристики (с 2,390 до 2,200 мг $O_2/дм^3$).

В створе г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2) уменьшение произошло в 1,2 раза (с 2,470 за 1987...1996 гг. до 1,985 мг $O_2/дм^3$ за 1999...2008 гг.), а по линии тренда прослеживается уменьшение в 1,3 раза (с 2,610 до 1,970 мг $O_2/дм^3$).

Как видно, повсеместно наблюдается уменьшение БПК₅, что свидетельствует об увеличении потребления кислорода, следовательно, увеличивается количество легкоокисляемых загрязняющих веществ [1].

БПК₅ за период половодья и перехода к межени (апрель-июнь). В створе г. Астана (выше города) наблюдается уменьшение БПК₅ в 1,3 раза (с 2,620 за 1968...1977 гг. до 2,034 мг $O_2/дм^3$ за 1999...2008 гг.), более четкое уменьшение наблюдается при анализе линии тренда – в 1,7 раза (с 2,650 до 1,600 мг $O_2/дм^3$).

В створе г. Астана (ниже города) отмечено уменьшение в 1,1 раза (с 2,336 за 1984...1993 гг. до 2,128 мг $O_2/дм^3$ за 1999...2008 гг.), по линии тренда уменьшение аналогично.

В створе с. Каменный карьер – уменьшение в 1,5 раза (с 2,349 за 1969...1978 гг. до 1,598 мг $O_2/дм^3$ за 1999...2008 гг.), по линии тренда – в 1,6 раза (с 2,750 до 1,770 мг $O_2/дм^3$).

В створе г. Петропавловск (выше города) – уменьшение в 1,6 раза (с 3,033 за 1968...1977 гг. до 1,927 мг $O_2/дм^3$ за 1999...2008 гг.), однако по линии тренда уменьшение не столь значительно – в 1,4 раза (с 2,720 до 1,930 мг $O_2/дм^3$).

В створе г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2) – уменьшение в 1,2 раза (с 2,385 за 1987...1996 гг. до 1,932 мг $O_2/дм^3$ за 1999...2008 гг.).

Как и в предыдущем случае, уменьшение БПК₅ объясняется увеличением количества легкоокисляемых загрязняющих веществ, в следствие этого наблюдается увеличение потребления кислорода на окисление.

БПК₅ за период зимней межени (октябрь-февраль). В створе г. Астана (выше города) произошло уменьшение БПК₅ в 1,4 раза (с 2,384 за

1969...1978 гг. до 1,695 мг О₂/дм³ за 1999...2008 гг.), однако по линии тренда это уменьшение более заметно – в 1,9 раза (с 2,670 до 1,400 мг О₂/дм³).

В створе г. Астана (ниже города) отмечено незначительное изменение характеристики (с 2,042 за 1984...1993 гг. до 2,028 мг О₂/дм³ за 1999...2008 гг.).

В створе с. Каменный карьер – уменьшение в 1,3 раза (с 2,143 за 1970...1979 гг. до 1,611 мг О₂/дм³ за 1999...2008 гг.), а по линии тренда – уменьшение в 1,2 раза (с 2,100 до 1,750 мг О₂/дм³).

В створе г. Петропавловск (выше города) – уменьшение в 1,4 раза (с 2,228 за 1970...1979 гг. до 1,597 мг О₂/дм³ за 1999...2008 гг.), по линии тренда – в 1,5 раза (с 2,330 до 1,560 мг О₂/дм³).

В створе г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2) – уменьшение в 1,1 раза (с 1,706 за 1987...1996 гг. до 1,575 мг О₂/дм³ за 1999...2008 гг.), аналогичный результат был получен и при анализе линии тренда.

Как и в предыдущих случаях, это объясняется увеличением потреблением кислорода на окисление вследствие увеличения легкоокисляемых загрязняющих веществ [2].

Визуально все эти изменения данной характеристики гидрохимического режима можно проследить на рис. 1-3.

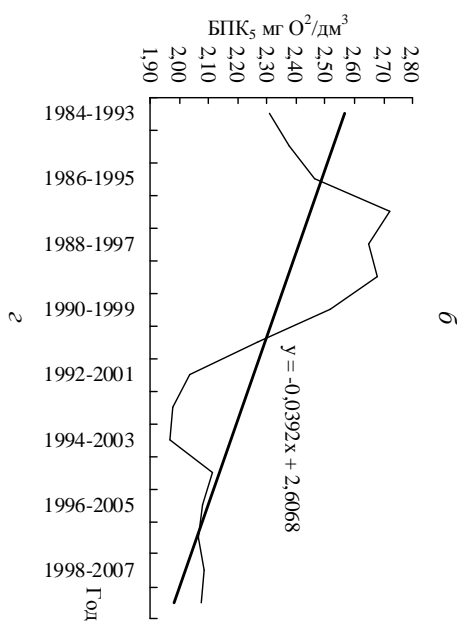
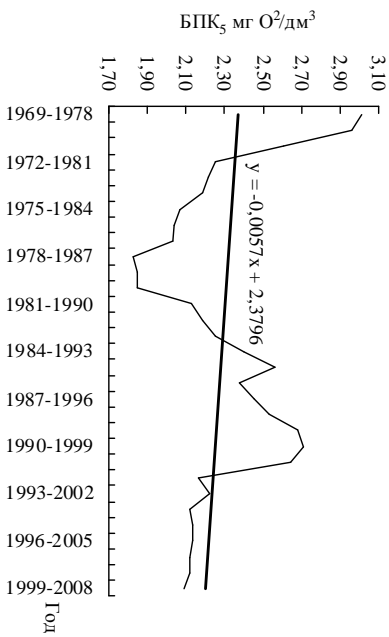
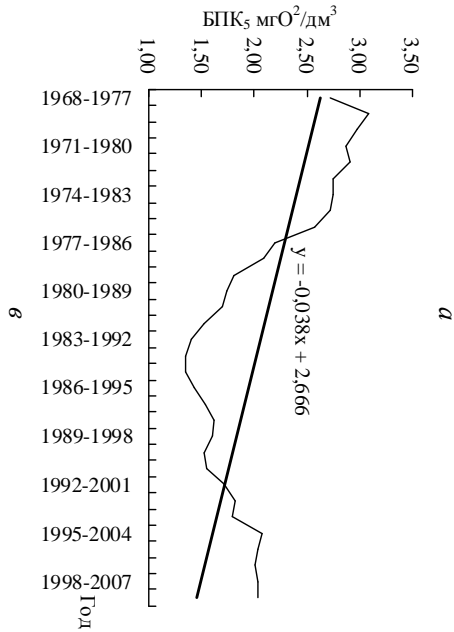
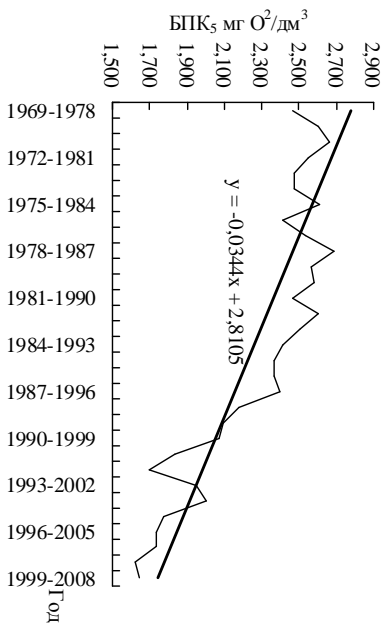
Содержание гидрокарбонатов (НСО₃) за период половодья (апрель). В створе г. Астана (выше города) произошло увеличение концентрации гидрокарбонатов в воде в 1,2 раза (с 143,883 за 1941...1950 гг. до 144,375 мг/дм³ за 1999...2008 гг.), по линии тренда – аналогичный результат – увеличение в 1,2 раза.

В створе г. Астана (ниже города) произошло увеличение содержания гидрокарбонатов в воде в 1,1 раза (с 138,093 за 1984...1993 гг. до 148,510 мг/дм³ за 1999...2008 гг.), а по линии тренда – в 1,2 раза (с 132,000 до 158,000 мг/дм³).

В створе с. Каменный карьер при анализе линии тренда прослеживается увеличение в 1,2 раза (с 142,000 до 173,000 мг/дм³).

В створе г. Петропавловск (выше города) – особых изменений нет.

В створе г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2) произошло увеличение в 1,2 раза (с 183,917 за 1987...1996 гг. до 217,000 мг/дм³ за 1999...2008 гг.).



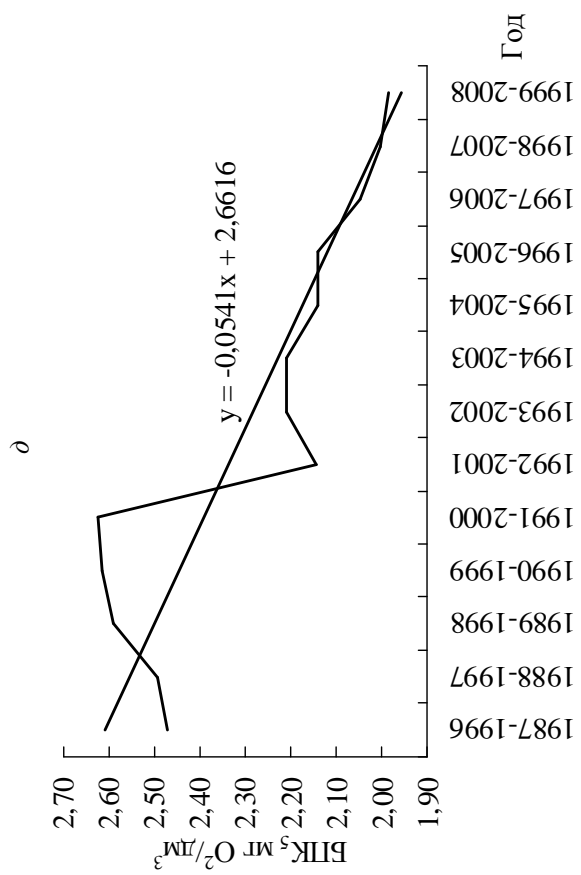
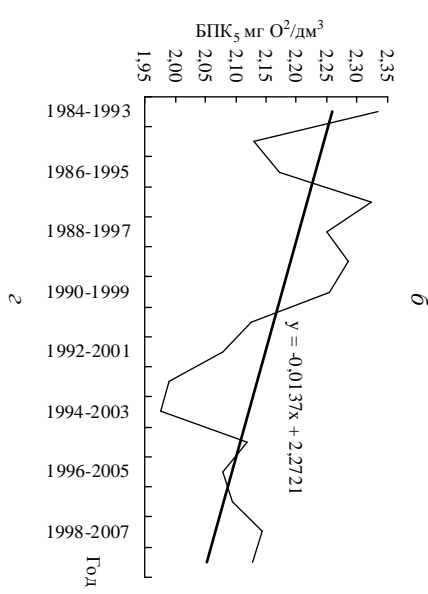
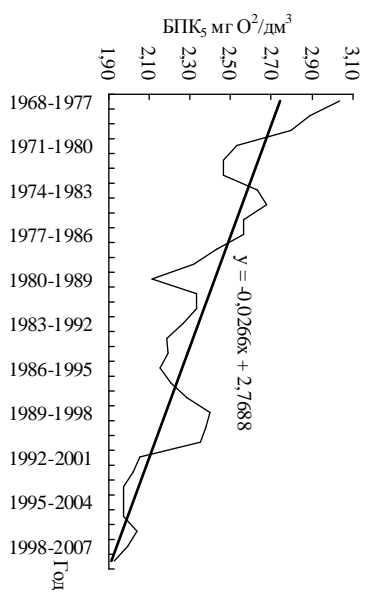
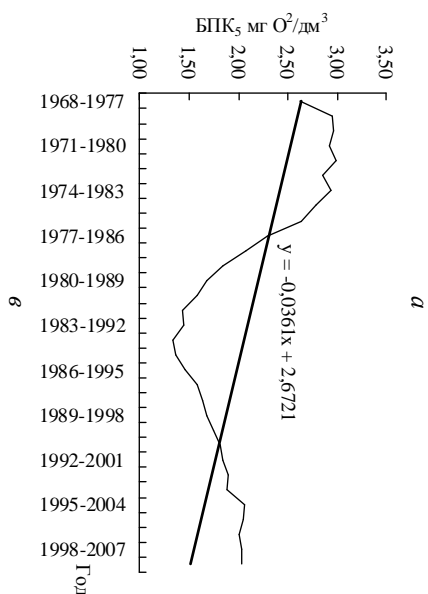
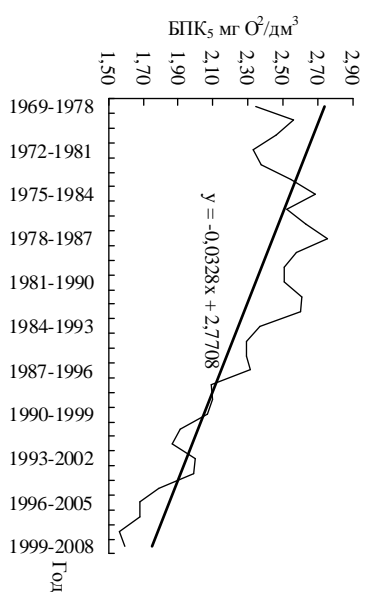


Рис. 1. Скользящие десятилетние средние значения BPK_5 за апрель (период половодья) по створам:
 а – р. Ишим – г. Астана (выше города); б – р. Ишим – г. Астана (ниже города); в – р. Ишим – с. Каменный карьер;
 г – р. Ишим – г. Петропавловск (выше города); д – р. Ишим – г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2).



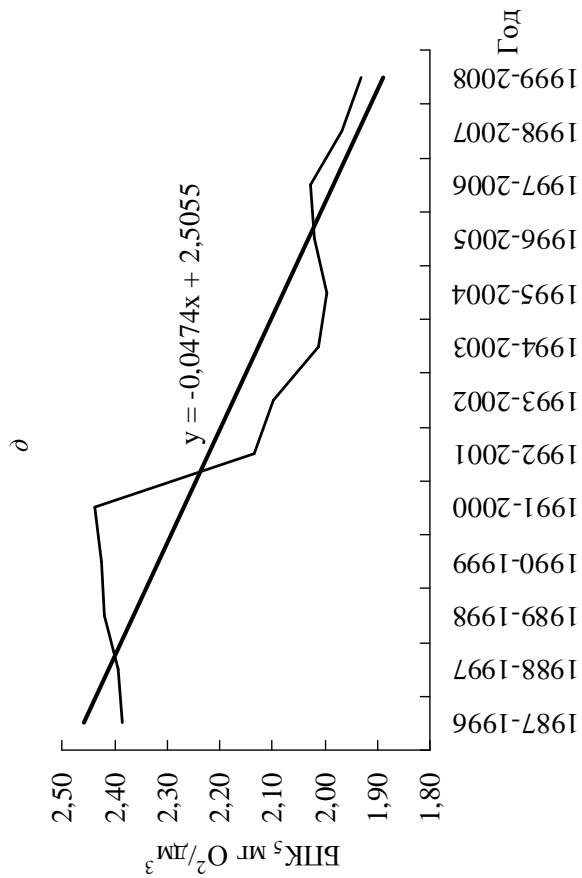
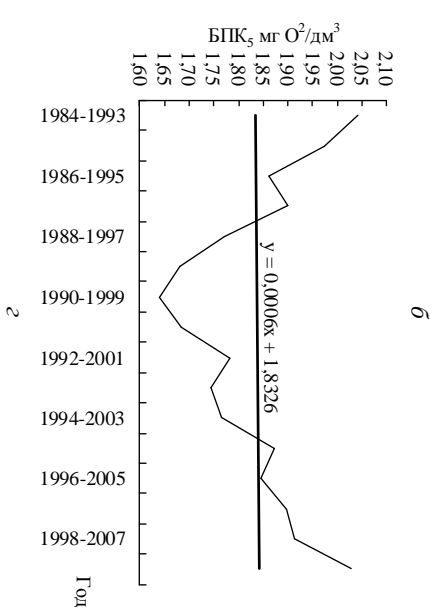
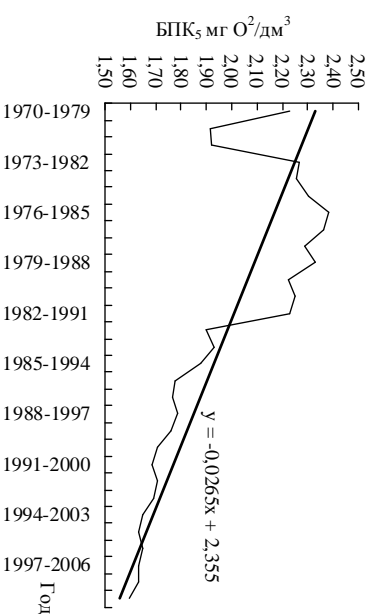
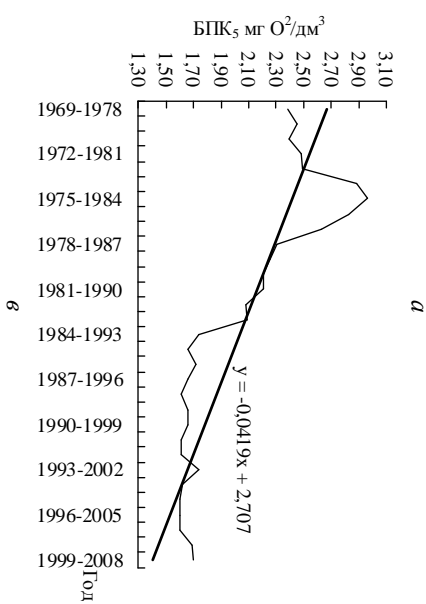
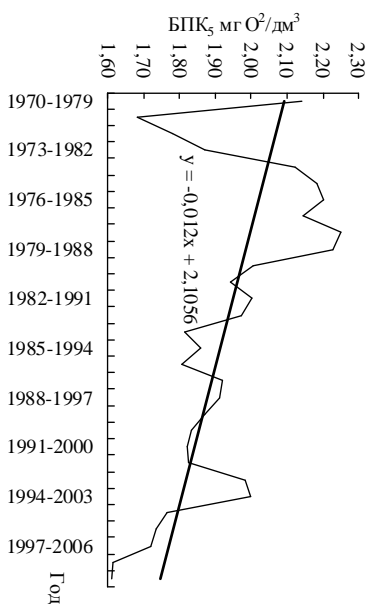


Рис. 2. Связь десятилетние средние значения BPK₅ за апрель-июнь (период половодья и перехода к межени) по створам: а – р. Ишим – г. Астана (выше города); б – р. Ишим – г. Астана (ниже города); в – р. Ишим – с. Каменный карьер; г – р. Ишим – г. Петропавловск (выше города); д – р. Ишим – г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2).



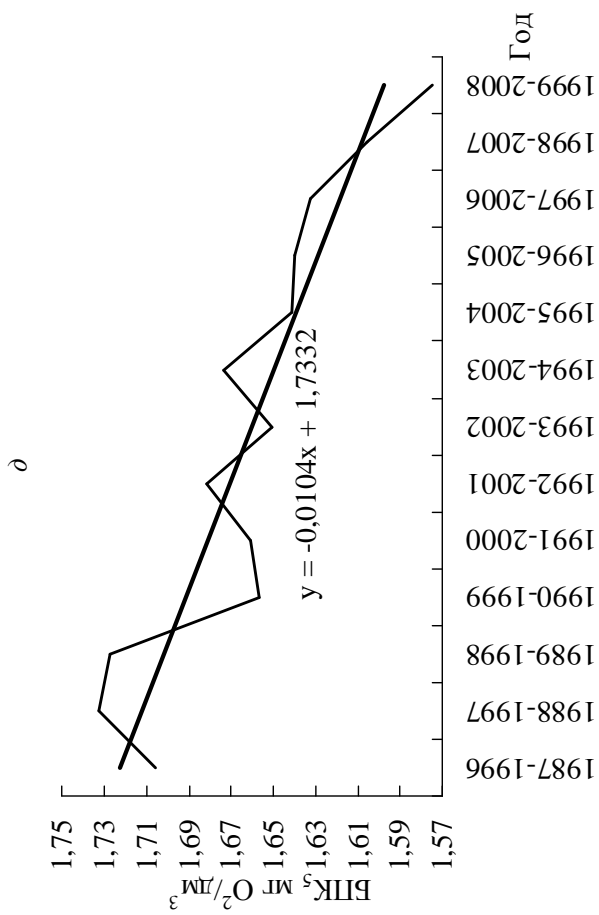


Рис. 3. Связующие десятилетние средние значения BPK_5 за октябрь-февраль (период зимней межени) по створам:
 а – р. Ишим – г. Астана (выше города); б – р. Ишим – г. Астана (ниже города); в – р. Ишим – с. Каменный карьер;
 г – р. Ишим – г. Петропавловск (выше города); д – р. Ишим – г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2).

Содержание гидрокарбонатов (HCO_3) за период половодья и перехода к межени (апрель – июнь). В створе г. Астана (выше города) наблюдается уменьшение концентрации гидрокарбонатов в воде в 1,2 раза (с 211,335 за 1941...1950 гг. до 176,199 мг/дм³ за 1999...2008 гг.), по линии тренда – аналогично.

В створе г. Астана (ниже города) – незначительное изменение (с 164,148 за 1984...1993 гг. до 166,991 мг/дм³ за 1999...2008 гг.), однако по линии тренда заметно некоторое увеличение гидрокарбонатов в 1,1 раза (с 148,000 до 165,000 мг/дм³).

В створе с. Каменный карьер наблюдается незначительное увеличение (с 154,131 за 1950...1959 гг. до 154,195 мг/дм³ за 1999...2008 гг.).

В створе г. Петропавловск (выше города) – увеличение в 1,1 раза (с 185,900 за 1941...1950 гг. до 195,825 мг/дм³ за 1999...2008 гг.), по линии тренда – аналогичный результат – увеличение в 1,1 раза (с 172,000 до 183,000 мг/дм³).

В створе г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2) – увеличение в 1,2 раза (с 169,000 за 1987...1996 гг. до 199,525 мг/дм³ за 1999...2008 гг.).

Уменьшение гидрокарбонатов в створе г. Астана (выше города) можно объяснить влиянием Вячеславского водохранилища – там происходит осаждение некоторого их количества.

Содержание гидрокарбонатов (HCO_3) за период зимней межени (октябрь-февраль). В створе г. Астана (выше города) при анализе средних значений за крайние десятилетия уменьшение содержания гидрокарбонатов в воде незначительно, а при анализе линии тренда – уменьшение значительно – в 1,6 раза (с 287,000 до 197,000 мг/дм³).

В створе г. Астана (ниже города) концентрация гидрокарбонатов уменьшилась в 1,1 раза (с 233,567 за 1984...1993 гг. до 218,265 мг/дм³ за 1999...2008 гг.), по линии тренда значительных изменений не прослеживается.

В створе с. Каменный карьер произошло уменьшение в 1,1 раза (с 227,333 за 1956...1965 гг. до 206,267 мг/дм³ за 1999...2008 гг.), а по линии тренда концентрация гидрокарбонатов в воде осталась почти без изменения.

В створе г. Петропавловск (выше города) произошло значительное уменьшение характеристики – в 1,3 раза (с 305,340 за 1952...1961 гг. до 230,840 мг/дм³ за 1999...2008 гг.), линия тренда выявила аналогичное изменение.

В створе г. Петропавловск (ниже сброса ТЭЦ-2) особых изменений не было выявлено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М. Ж., Муртазин Е. Ж., Турсунов Э. А. Гидрохимический режим рек. / Республика Казахстан. Природные условия и ресурсы. – Т. 1. – Алматы: 2006. – С. 257-263.
2. Зенин А. А., Белоусова Н. В. Гидрохимический словарь. – Л: Гидрометеоиздат, 1988. – 238 с.

Поступила 12.01.2012

Геогр. ғылымд. докторы Р.И. Гальперин
Д.М. Бурлибаева

ЕСІЛ ӨЗЕНІМІҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ РЕЖІМ МІНЕЗДЕМЕСІНІҢ ӨЗГЕРУІ

Қазіргі уақытта Астана қаласын сумен қамту нәтижесінде Есіл өзені су сапасына қатысты проблемалар туындады. Егер екінші кезектегі Қ.Сатпаев каналын іске қосқан жағдайда осы проблема Ертіс өзенінің ластану салдарынан ушыға түсетіні анық. Сондықтан, осы өзендердің гидрохимиялық режимдерінің қазіргі жағдайын ескеретін, Астана қаласын бар стандарттар мен нормаларға сай сапалы ауыз сумен қамту үшін ескерту шаралары жүргізілу керек. Осы мақала Есіл өзені гидрохимиялық режимінің қазіргі жағдайына арналады.

УДК 556.11.012.628.1.03

Б.К. Кенжебекова *

К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БЕССТОЧНЫХ ВОДОЕМОВ АРИДНОЙ ЗОНЫ*АРИДНАЯ ЗОНА, ВОДОЕМЫ, ЭКОЛОГИЯ, ОЦЕНКА, ОБЪЕМ, МИНЕРАЛИЗАЦИЯ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ АНТРОПОГЕННОЕ, ЕСТЕСТВЕННОЕ, ШКАЛА*

В настоящее время экологическое состояние водоемов республики оценивается в основном только качественно и характеризуется выражениями типа «хорошее» или «неудовлетворительное», что недостаточно для прогнозных расчетов или моделирования. В статье дается способ количественной оценки состояния водной среды в зависимости от колебания водности и степени загрязнения водоема.

Как известно, большинство бессточных водоемов расположено в аридной зоне и имеют солоноватую или соленую воду. К солоноватым, по О.А. Алекину [1], относятся водоемы с минерализацией вод от 1,0 г/дм³ до 25,0 г/дм³. В мире ряд солоноватых и бессточных водоемов имеют огромные размеры (оз. Балхаш, оз. Иссык-куль и др.) и обладают большими запасами биологических и других ресурсов. Вследствие циклического характера климата в регионе, где расположены их бассейны, гидрологические показатели таких водоемов подвержены большим колебаниям. При этом значительно меняется экологическое состояние водной среды в целом.

Для природы любое естественное состояние ее отдельно взятого объекта является «нормальным». Но, если этот объект является или становится предметом труда, то есть используется в экономике страны, то как правило, его состояние оценивается на данный момент времени и выявляется степень пригодности для той или другой отрасли. Но при этом оценка состояния водоемов производится, как правило, качественно, критериями типа «хорошее», «удовлетворительное», что недостаточно для расчетов и моделирования.

Ниже предлагается способ количественной оценки состояния водоема в зависимости от основных гидрологических и гидрохимических показателей. Впервые такая работа была проведена автором несколько лет

* КазНИИ рыбного хозяйства, Балхашский филиал, г. Балхаш

назад [3]. Здесь приводится доработанный и дополненный вариант (без биологической составляющей). В предлагаемом способе в качестве определяемой величины берется состояние среды (C_c) определяемого объемом водной массы (V), величиной минерализации (M) и уровнем загрязнения (K_3) воды в озере, то есть

$$C_c = f(V, M, K_3). \quad (1)$$

В качестве основного гидрологического показателя берется отношение объема воды в озере за рассматриваемый период к среднемуголетнему его значению (V/V_0), так как в любом водоеме объем воды обуславливает величину всех других параметров.

Второй очень важный показатель качества водоема – это величина минерализации воды в нем (M). Для оценки состояния водоема берется отношение ее среднемуголетнему значению к фактической минерализации в рассматриваемый период (M_0/M_ϕ).

Аналитическое выражение искомой зависимости имеет вид:

$$C_c = (V_0/V_\phi) \cdot (M_0/M_\phi) \cdot (M_p/M_\phi) \cdot (1 - K_3), \quad (2)$$

здесь M_p – расчетная величина минерализации; $K_3 = K_{e3} + K_{a3}$ – суммарный коэффициент естественного (K_{e3}) и антропогенного загрязнения (K_{a3}).

Преобразуя (2) получим уравнение в следующем виде:

$$C_c = \frac{V_0}{V_\phi} \cdot \frac{M_0 \cdot M_p}{M_\phi^2} \cdot (1 - K_3). \quad (3)$$

Как показывают исследования, в бессточных водоемах существует обратно пропорциональная зависимость величины минерализации от уровня воды в нем. Для Западной части оз. Балхаш такая зависимость впервые была получена И.А. Федюшиным [6]. Для оз. Балхаш в целом она (после некоторой обработки) имеет вид:

$$M_p = 3,39 - 0,004H, \quad (4)$$

где M_p – расчетная величина минерализаций, г/дм³; H – уровень воды в озере, в см над «нулем» графика.

Позднее были найдены константы для оз. Алаколь и Кенгирского водохранилища.

Независимо от работ в КазНИИРХ, Д.К. Джусупбеков из КазНУ им. аль-Фараби также получил аналогичное уравнение для оз. Балхаш

и его Восточной части. Все эти зависимости, в общем виде, выражаются уравнением прямой:

$$M = (a - bH) \pm \varepsilon, \quad (5)$$

где a и b константы, H – уровень воды, ε – невязка.

Коэффициент корреляции этой зависимости в отдельных водоемах (например, в оз. Балхаш) довольно высокий и составляет 0,8...0,9 и более. Как следовало ожидать, полученное расчетным путем значение минерализации (M_p) отличается от фактического значения (M_ϕ). Нередко эти различия бывают довольно большими и значительно превышают точность вычислений или натурных определений.

Исследования показывают, что в силу ряда факторов (например, колебания минерализаций в притоках, изменения величины отложения или расхода солей и др.) содержание солей в воде озера в разные годы бывает неодинаковым при одной и той же величине объема воды (то есть при одном и том же уровне воды). (Иначе зависимость была бы функциональной). Результаты совместного анализа многолетних данных по развитию низших гидробионтов и отклонения фактических величин минерализации (M_ϕ) от расчетных (M_p) позволяют утверждать, что эти отклонения (если они превышают погрешность измерений и вычислений) показывают наличие в водоеме изменений, выводящих его из «обычного» состояния. Например, при анализе многолетних материалов (с 1963...2001гг.) по оз. Балхаш обнаружено, что в пяти случаях из семи биомасса фитопланктона, в шести случаях из восьми биомасса зоопланктона и шести случаях из девяти масса макрозообентоса изменялись синхронно «улучшению» и «ухудшению» среды.

Следовательно, для оценки экологического состояния водоема нужно учесть еще соотношение расчетной величины солености и фактической.

Из уравнения (3) видно, что при $V_0 = V_\phi$ и $M_0 = M_\phi = M_p$, в условиях отсутствия загрязнений ($K_s = 0$), $C_c = 1$. То есть состояние водоема, соответствующее среднемуголетним значениям его основных показателей, равняется единице и является «нормой» для него. Увеличение или уменьшение объема воды в непроточных озерах аридной зоны сопровождается изменением солености, следовательно, и изменением состояния водной среды в целом.

Как показывают исследования, отклонение состояния среды от существующего на небольшую величину не обуславливает тут же переход

водоема в другое состояние, то есть состояние среды имеет определенную инертность. Например, в Балхаше снижение уровня озера под влиянием Капшагайского водохранилища началось с 1971 года. Еще до этого ареал цветной монодакны (*Monodakna colorata*) распространялся практически на весь Западный Балхаш, включая пролив Узынарал. А сокращение ареала этого моллюска в озере началось лишь с 1974 года, то есть спустя три года после начала снижения уровня. Это показывает, что между количественным и качественным изменениями объекта сохраняется определенный интервал. Следовательно, при определении состояния водоема по уравнению (3) необходимо иметь специальную шкалу с определенной градацией.

Такая шкала была разработана автором в 2003 г. (Фондовые материалы БФ КазНИИРХ), а здесь она предлагается в несколько доработанном виде (Табл.).

Таблица

Градация экологического стояния бессточных водоемов аридной зоны

Значение C_c	Состояние водной среды	Краткая характеристика среды
$C_c > 1,2$	Очень хорошее	Состояние водоема намного лучше «нормального». Загрязнение воды отсутствует или совсем незначительное, в составе низших гидробионтов появляются новые виды или формы. Расширяются ареалы многих видов беспозвоночных. Существенно повышается потенциальная рыбопродуктивность.
$1,0 \leq C_c \leq 1,2$	Хорошее	Минерализация воды, степень естественного загрязнения воды несколько ниже многолетнего, антропогенное загрязнение незначительное. Развития гидробионтов хорошие. Расширяются ареалы некоторых низших гидробионтов. Потенциальная рыбопродуктивность выше среднемноголетнего.

Значение C_c	Состояние водной среды	Краткая характеристика среды
$0,5 \leq C_c < 1,0$	Удовлетворительное	Развитие гидробионтов, включая рыб, кормность водоема и его рыбопродуктивность соответствуют среднемноголетнему состоянию водоема. Антропогенное загрязнение не превышает допустимых пределов.
$0,2 \leq C_c < 0,5$	Неудовлетворительное	Состояние водоема заметно ниже нормального, минерализация воды выше среднемноголетнего, содержание ряда загрязняющих веществ превышает принятые нормы. Развитие гидробионтов угнетенное, сокращаются ареалы отдельных биоценозов, рыбопродуктивность падает. Пример: оз. Балхаш в середине 80-х годов прошлого века.
$C_c < 0,2$	Очень плохое (катастрофическое)	Состояние водоема стало другим. Вода сильно минерализована или/и загрязнена. Видовой состав гидробионтов полностью перестраивается. Превышение видов рыб и другие организмы (растительность, низшие гидробионты, нектон) вымерли. Пример: Аральское море в конце минувшего века.

В этой шкале границы отдельных категорий экологического состояния водной среды в дальнейшем будут уточнены в зависимости от химических и биологических особенностей каждого отдельно взятого водоема.

Как видно (3), при полном высыхании водоема ($V_\phi = 0$) это выражение теряет смысл, что вполне согласуется с математическим положением (деление на ноль невозможно), так как водоема нет. (Как известно, на территории Казахстана высыхает большая часть малых озер).

Шкала, близкая по виду, приводится в «Сборнике нормативно-методических документов по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий на поверхностные водные объекты» Комитета по водным ресурсам МСХ РК, выпущенного в 2007 г. под редакцией М.Ж. Бурлибаева и Р.К. Кайдаровой [5].

В этом документе дается шкала комплексного показателя антропогенной нагрузки (КПАН), состоящая из пяти интервалов. Как видно из названия, эта шкала предназначена для определения антропогенной нагрузки на водный объект и не учитывает естественные колебания водности в аридной зоне, так как она рассчитана в первую очередь для рек.

Предлагаемая нами шкала рассчитана для оценки бессточных водоемов и учитывает как естественные отклонения их состояния от среднего («нормального») так и вынужденного изменения, обусловленного воздействием антропогенных факторов.

При разработке шкалы за «нормальной» или «удовлетворительной» принято состояние водной среды? близкое к многолетнему среднему в естественных условиях. При повышенной водности в бассейне состояние водоема несколько улучшается, то есть оно становится «хорошим». Однако при очень благоприятных случаях (экстремальных изменениях климатических факторов) в бассейне водность увеличивается во много раз (например, в первой половине 19 в. уровень в оз. Балхаш достиг 346,5 м БС). В таких случаях, по мнению автора, в водоеме наступает «очень хорошее» состояние.

Пример 1. В 1986 г. уровень воды в оз. Балхаш находился на отметке 340,68 м БС, который соответствует объему водной массы $V = 83,1 \text{ км}^3$. Средний многолетний уровень воды озера в 20 веке составил 341,9 м БС и объем $V_0 = 104 \text{ км}^3$. Минерализация воды в 1986 г. составила $3,20 \text{ г/дм}^3$, а его среднемноголетнее значение (соответствующее уровню 341,9 м БС) – $2,66 \text{ г/дм}^3$. Величина расчетной минерализации $M_p = 3,12 \text{ г/дм}^3$. Антропогенным загрязнением в те годы были охвачены большая часть IV-го гидрохимического района, приустьевые участки р. Или, Каратала, Лепсы с суммарной площадью около 5000 км^2 при общей площади озера 15680 км^2 . В этих условиях коэффициент «антропогенного загрязнения» ($K_{аз}$) равен $5000:15680 = 0,32$. Естественное загрязнение, как правило, наблюдается в малых водоемах с сильной зарастаемостью. В оз. Балхаш коэффициент «естественного загрязнения» ($K_{ес}$) практически равен нулю. Таким образом, общий коэффициент загрязнения в 1986 г. равен $K_з = K_{ес} + K_{аз} = 0,32$. Подставляя эти цифры в уравнение (3), получим:

$$C_c = \frac{83,1}{104} \cdot \frac{2,66 \cdot 3,12}{3,2^2} \cdot (1 - 0,32) = 0,44 .$$

Это показывает, что в 1986 г. оз. Балхаш обладало ресурсом меньше половины своего «нормального» биопотенциала и состояние его было неудовлетворительным.

Пример 2. В 2002 г. в оз. Балхаш среднегодовой уровень воды поднялся до 341,9 м БС (то есть до среднеегодового уровня). Следовательно, объем воды $V = V_0$. Величина минерализаций составила $M_\phi = 2,62$ г/дм³, расчетная $M_p = 2,61$ г/дм³. Коэффициент антропогенного загрязнения – 0,24, коэффициент естественного загрязнения равен нулю. Подставляя эти значения в уравнение (3), получим:

$$C_c = \frac{2,66 \cdot 2,61}{2,62^2} \cdot (1 - 0,24) = 0,77,$$

т.е. озеро в 2002 г. уже находилось в зоне «нормального» состояния, где оно пребывает и в настоящее время.

Пример 3. Среднееголетний уровень Аральского моря 53,0 м БС [4]. При этом площадь зеркала воды составляла 66000 км², средняя минерализация (M_0) равнялась – 10,4 г/дм³ [2]. В конце 1987 г. уровень моря опустился до отметки 40,0 м БС и «...Арал распался на Большое и Малое море» [2]. Площадь зеркала воды сократилась до 37500 км². Соленость воды составила в 1983 г. 21,9 г/дм³, в 1989 г. – 28,4 г/дм³. Интерполируя эти данные, находим, что в 1987 г. средняя соленость в море составила приблизительно 26,2 г/дм³. Опуская из уравнения (2) некоторые члены ($(M_p/M_\phi) \cdot (1 - K_s)$), предполагая, что они в данном случае не играют существенные роли, получим:

$$C_c = \frac{37500}{66000} \cdot \frac{10,4}{26,2} = 0,22,$$

т.е. к моменту разделения моря на две части (в 1987 г.) его состояние уже было «катастрофическим».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 442 с.
2. Амиргалиев Н.А, Накупбеков С. Тагаева Ф.Е., Супиева Х.Т. Оценка современного состояния уровня, солевого режима и пестицидного загрязнения Аральского моря // Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование. – Алматы, 1993. – С. 83-87.
3. Кенжебеков Б.К. Зависимость функционирования гидробиоценоза оз. Балхаш от абиотических факторов // Проблемы гидроэкологической ус-

- тойчивости в бассейне озера Балхаш. – Алматы: Каганат, 2003. – С. 299-306.
4. Львович М.И. Вода и жизнь: (Водные ресурсы, их преобразование и охрана). – М.: Мысль, 1986. – С. 112-120.
 5. Сборник нормативно-методических документов по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий на поверхностные водные объекты. // Под ред. М.Ж. Бурлибаева и Р.К. Кайдаровой. – Астана – Алматы: 2007. – 76 с.
 6. Федюшин И.А. К вопросу об установлении связи между уровнем и общей минерализацией воды в озере Балхаш // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана: Тезисы докл. XVII научной конф., Балхаш, 1981. – Фрунзе: Илим, 1981. – С. 186-188.

Поступила 12.03.2012

Б.К. Кенжебеков

АРИДТІК АЙМАҚТАҒЫ ТҰЙЫҚ СУ АЙДЫНДАРЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ КҮЙІН БАҒАЛАУ ЖАЙЛЫ

Осы кезде еліміздегі су нысандарының (көлдер мен су қоймалар) экологиялық күйін бағалау оның сапалық жағын ғана жуықтай көрсететін «жақсы» немесе «жаман» деген сөздермен шектеледі де, оны әртүрлі есептеулерге немесе моделдеуге қолдануға келмейді. Бұл мақалада аридтік аймақта орналасқан су айдындарын бағалауда сандық мәндер табудың жолдары қарастырылады.

УДК 504.054

Н.А. Гирская*

СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ МИРНЫХ ВИДОВ РЫБ ИЗ ГОРНОЙ ЧАСТИ БУХТАРМИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА*ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ОРГАНЫ И ТКАНИ, МИРНЫЕ РЫБЫ, БУХТАРМИНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ*

В статье представлены сведения о содержании и распределении тяжелых металлов в органах и тканях (печень, жабры, мышцы) рипуса и леца из горной части Бухтарминского водохранилища. По результатам исследований сделан вывод о том, что в организме рыб в больших количествах накапливаются медь и цинк. Печень и жабры интенсивно аккумулируют металлы, превосходя по этому показателю мышечную ткань. Выявлены различия в накоплении микроэлементов в зависимости от видовой принадлежности и типа питания рыб, функциональных особенностей органов, их кумулятивной активности, индивидуальных свойств металла.

Бухтарминское водохранилище является одним из главных рыбопромысловых водоемов Казахстана. Его водная экосистема подвержена значительным антропогенным воздействиям, как на территории Восточно-Казахстанской области, так и в пределах Китайской Народной Республики (КНР).

Тяжелые металлы являются наиболее существенными поллютантами, так как, в отличие от других веществ, загрязняющих среду, они в естественных условиях не разрушаются, а только изменяют формы нахождения, постепенно накапливаясь в разных компонентах экосистем.

В районе горной части Бухтарминского водохранилища часто отмечаются повышенные концентрации токсикантов, которые поступают в водоем в составе промстоков с рудников и перерабатывающих предприятий.

Рыбы занимают в биоценозах водных экосистем верхний трофический уровень и обладают ярко выраженной способностью накапливать металлы. Повышенное содержание в организме рыб микроэлементов свиде-

тельствует о значительной их концентрации в водной среде, аккумуляции последних в пищевых цепях, функциональном нарушении во всех звеньях экосистемы [3]. Основным путем поступления металлов в организм рыб является поступление их с кормовым субстратом. В то же время, жаберное дыхание делает возможным и поступление металлов через покровы тела. Поэтому накопление металлов происходит либо в тканях рыб, непосредственно контактирующих с водой (кожа и жабры), либо во внутренних органах, обеспечивающих экскреторные функции (печень и почки) [6].

Ранее установлено, что мирные виды рыб накапливают тяжелые металлы в большой степени, по сравнению с хищными видами [1]. В этой связи интерес представляет выявление общих тенденций содержания и распределения тяжелых металлов в организме мирных видов рыб из горной части Бухтарминского водохранилища.

Материалы и методы исследований. В 2007 году проведены исследования содержания тяжелых металлов в различных органах и тканях рыб. В качестве биообъектов выбраны мирные виды рыб с различным спектром питания – рипус и лещ. Лещ относится к семейству карповых, по типу питания является бентофагом. Рипус – представитель семейства сиговых, планктофаг.

Отбор проб проводился летом в горной части Бухтарминского водохранилища (п. Алтайка). Образцы мышечной ткани, жабр и печени рыб приготавливались стандартными методами и в свежем виде доставлялись в лабораторию. На базе ГУ «ВКО центра санитарно-эпидемиологической экспертизы» в пробах после сухой минерализации методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии определялись содержания валовых форм меди, цинка, свинца и кадмия.

Результаты исследований и их обсуждение. В воде горной части Бухтарминского водохранилища в 2007 году нарушение границ рыбохозяйственных ПДК по цинку и меди не было зафиксировано. Медь в районе исследований отсутствовала, количество цинка колебалось в пределах от 8,61 до 9,92 мкг/дм³.

Спектральный анализ содержания элементов в организме изучаемых видов рыб позволил выявить следующее. Среди определяемых элементов, наиболее значительными в количественном выражении во всех органах и тканях рыб являлись медь и цинк (табл. 1). Это явление объясняется интенсивной аккумуляцией в организме элементов, которые при-

* Алтайский филиал КазНИИ рыбного хозяйства, г. Усть-Каменогорск

нимают активное участие в протекании многих физиологических процессов (дыхания, кроветворения, депонирования, выделения и др.) [2].

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в воде и организмах рыб из горной части Бухтарминского водохранилища

Объект	Ед. изм.	Металлы				
		медь	цинк	свинец	кадмий	
Вода	мкг/дм ³	0,00	9,13	-	-	
Рипус	печень	мг/кг	32,00	17,50	отс.	отс.
	жабры	мг/кг	4,10	10,80	отс.	отс.
	мышцы	мг/кг	0,66	6,25	отс.	отс.
	в среднем	мг/кг	12,25	11,52	отс.	отс.
Лещ	печень	мг/кг	11,10	2,05	отс.	0,01
	жабры	мг/кг	0,77	6,60	0,07	отс.
	мышцы	мг/кг	отс.	1,80	0,03	отс.
	в среднем	мг/кг	3,96	3,48	0,03	0,00

Содержание меди варьировало в пределах 0,0...46,0 мкг/дм³. Максимальные концентрации меди отмечены в печени рыб, поскольку этот орган обладает активным метаболизмом и активно участвует в процессах, направленных на поддержание гомеостаза. Жабры выполняют функцию газообмена. Наряду с печенью характеризуются повышенным содержанием изучаемого элемента, но по уровню накопления металла занимают второе место. Незначительные количества меди наблюдались в мышечной ткани.

Цинк, по сравнению с медью, в меньшей степени содержится в организме рыб (1,2...27,0 мкг/дм³). Наибольшие его концентрации обнаружены в печени рипуса и жабрах леща. В мышцах содержание цинка заметно ниже.

Кадмий и свинец содержатся в небольших количествах только в органах и тканях леща (0,00...0,13 мкг/дм³), в рипусе данные металлы отсутствуют. Кадмий обнаруживается только в печени рыбы. Основным депо по накоплению свинца являются жабры. Печень в этом случае занимает последнее место и не аккумулирует свинец (см. табл. 1).

По степени накопления в органах и тканях рыб исследуемые тяжелые металлы можно расположить в следующий убывающий ряд: Cu > Zn (для рипуса), Cu > Zn > Pb > Cd (для леща). Более наглядное представление о специфичной кумулятивной активности изучаемых органов и тканей к накоплению микроэлементов дают построенные нами ряды по убыванию обнаруженных в них средних концентраций тяжелых металлов (рис.).

Рипус
Печень: Cu > Zn
Жабры: Zn > Cu
Мышцы: Zn > Cu

Лещ
Печень: Cu > Zn > Cd
Жабры: Zn > Cu > Pb
Мышцы: Zn > Pb

Рис. 1. Схема распределения содержания металлов в различных органах и тканях рипуса и леща.

На рисунке видно, что анализируемые органы и ткани аккумулируют различные металлы в разной степени. Распределение металлов в организме рыб характеризуется неравномерностью и зависит от функциональных особенностей органов и тканей, а также химических свойств самого металла. Так, в печени обоих видов рыб по содержанию превалирует медь, а в жабрах и мышцах – цинк. Токсические металлы концентрируются только в организме леща: свинец – в жабрах и мышцах, кадмий – в печени.

При количественном сравнении суммарного содержания тяжелых металлов в организмах разных видов рыб, выловленных из одной части водохранилища, обнаружены различия в накоплении микроэлементов в зависимости от трофических групп рыб. Рипус (планктофаг) обладает свойством аккумулировать медь и цинк в несколько больших количествах (см. табл. 1), нежели лещ (бентофаг). Следовательно, рипус, по сравнению с лещом, находится в менее благополучном состоянии. Однако, в качественном отношении рипус находится в более выгодном положении, поскольку в его органах и тканях не накапливаются такие токсические элементы, как свинец и кадмий.

Согласно Санитарным правилам и нормам [5], концентрации свинца и кадмия в проанализированных органах и тканях рыб не превышало допустимые нормы (табл. 2).

Таблица 2

Концентрации тяжелых металлов в воде и организмах рыб из горной части Бухтарминского водохранилища в долях от нормативных

Показатель	Объект		
	вода	рипус	лещ
Медь, доли ПДК _{рх} в воде	0,00	-	-
Цинк, доли ПДК _{рх} в воде	0,86...0,99	-	-
Медь, доли МДУ в рыбе*	-	0,05...4,60	0,00...1,60
Цинк, доли МДУ в рыбе*	-	0,10...0,68	0,03...0,30
Свинец, доли МДУ в рыбе	-	0,00	0,00...0,13
Кадмий, доли МДУ в рыбе	-	0,00	0,00...0,14

Примечание: * – МДУ по «Санитарным правилам...», 1996 г. [4].

В настоящее время, в существующих нормативных документах, содержание меди и цинка в рыбе не оговаривается. В прежних «Санитарных правилах...» [4], действовавших до 2003 г., и утративших силу в настоящее время, содержание меди и цинка в рыбе нормировалось в 10 и 40 мг/кг, соответственно. Если сравнивать с этими значениями, то нами зарегистрированы случаи превышения МДУ по меди в печени рипуса и леща. По цинку отклонений от МДУ не наблюдалось (табл. 2).

Выводы. Таким образом, по результатам исследований 2007 года выявлено следующее:

1. Отмечено высокое содержание во всех рассмотренных органах и тканях рыб меди и цинка, минимальное – свинца и кадмия (в организме леща).

2. Зафиксировано, что органы и ткани рыб аккумулируют различные металлы в разной степени. Распределение металлов в организме рыб характеризуется неоднородностью, что зависит от физико-химических свойств самих элементов и функциональных особенностей органов и тканей: медь концентрируется в печени, цинк – в жабрах и мышцах; свинец и кадмий – в жабрах и печени леща, соответственно.

3. Установлено, что печень и жабры интенсивно аккумулируют металлы. Незначительные количества изучаемых элементов наблюдаются в мышечной ткани.

4. Обнаружены особенности аккумуляции металлов в зависимости от типа питания рыб. В количественном отношении планктофаги (рипус) наиболее подвержены накоплению токсикантов в организме, нежели бентофаги (лещ) – суммарное содержание токсикантов (меди и цинка) в органах и тканях рипуса значительно выше, чем у леща. В качественном же отношении рипус находится в более выгодном положении, поскольку в его органах и тканях идет накопление только биофильных элементов – меди и цинка, менее опасных для гидробионтов, нежели свинец и кадмий.

5. Выяснено, что содержание тяжелых металлов в организме рыб, в целом, не вызывает особых опасений в виду употребления их в пищу, исключение составляло превышение МДУ по меди, отмеченное в печени изучаемых видов рыб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликова Е.В., Тирская Н.А. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб Бухтарминского водохранилища // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2009. – №2. – С. 144-152.

2. Попов П.А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации. – Новосибирск, 2002. – 270 с.
3. Руднева Н.А. Тяжелые металлы и микроэлементы в гидробионтах Байкальского региона. – Улан-Удэ: 2001. – 136 с.
4. СП 2.3.2.560-96/4.01.047-97 Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов: Утв. Пост. Госкомсанэпиднадзора 24.10.1996 № 27. – М.: 1996. – 267 с.
5. СП 4.01.071.03 Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: Утв. Прик. Мин. здравоохранения РК 11.06.2003 № 447. – Астана, 2003. – 157 с.
6. Шулькин В.М. Металлы в экосистемах морских мелководий. – Владивосток: 2004.

Поступила 08.05.2012

Н.А. Тирская

БҰҚТЫРМА СУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ТАУЛЫ БӨЛІГІНДЕГІ БЕЙБІТ БАЛЫҚ ТҮРЛЕРІНІҢ ҰЛПАЛАРЫ МЕН МҮШЕЛЕРІНДЕГІ АУЫР МЕТАЛЛДАРДЫҢ ТАРАЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ МЕН ҚҰРАМЫ

Осы мақалада Бұқтырма су қоймасының таулы бөлігіндегі көкшубар мен тыранның (бауыр, желбезек, бұшықет) ұлпасындағы және ағзасындағы ауыр металдардың таралуы және құрамы келтірілген. Зерттеулер нәтижесінің қорытындысы бойынша балық организмдерінде мыс пен мырыштың үлкен мөлшерде жинақталатыны анықталды. Бауыр мен желбезек қарқынды түрде металдарды жинайды, бұл көрсеткіш бұшықет ұлпасынан басым болады. Балық түрлерінің қоректенуіне, мүшелердің функционалды ерекшеліктеріне, олардың белсенділігіне, жеке металдың қасиеттеріне байланысты микроэлементтердің жисландында біршама өзгерістер болатындығы анықталды.