

*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
2010

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).

Переводы на казахский язык:

А.М. Бажиева

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 1 (56)

©

Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство

№ 1538 от 14 марта 1995 г.

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

Подписано в печать

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

Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

Цена договорная.

Отпечатано в типографии ИП «Престиж Центр».

Г. Астана, ул. Байтурсынова, 72. Тел.: (7172) 566-226; 566-541

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Журналу «Гидрометеорология и экология» 15 лет.	9
О.Е. Семенов	
О физическом содержании параметров профилей массовой концентрации частиц в пограничном слое ветропесчаного потока.	11
А.В. Чердниченко	
Проявление индексов циркуляции для атлантико-европейского сектора во временных рядах температуры и осадков на территории Казахстана.	22
А.А. Волчек, И.Н. Шпока	
Пространственно-временные изменения повторяемости гололедно-изморозевых отложений на территории Беларуси.	36
Р.М. Илякова, П.К. Таплиял	
О возможности использования спутниковых данных в мониторинге почвенной засухи на территории Казахстана.	53
Т.Д. Агаев, А.И. Ислам-Заде	
Определение потенциала загрязнения атмосферы физико-статистическим методом, и оценка состояния воздушного бассейна промышленных городов Апшеронского полуострова.	67
А.М. Бажиева	
Современное состояние качества поверхностных вод реки Шу.	75
Н.И. Ивкина, С.П. Шиварева	
Динамика изменения уровня Аральского моря в современных условиях.	80
А.М. Бажиева, М.Ж. Бурлибаев	
Изменение гидрологического режима низовья р. Шу под влиянием Тасоткельского водохранилища.	88
В.Г. Ушаков	
Многолетние колебания максимальных расходов воды весеннего половодья рек Верхнего Иртыша в пределах Республики Казахстан.	93
В.П. Попова, А.Н. Мусенова	
Определение потерь стока по длине реки Сырдарья в пределах Республики Казахстан.	100

А.В. Линейцева	
Современное поступление речного стока в Восточный Балхаш. . .	109
А.М. Кауазов	
О применении инфракрасных каналов радиометра NOAA/AVHRR для определения даты начала снеготаяния.	116
А.О. Домран	
Сток взвешанных наносов бассейна реки Илек.	124
С.Д. Магай	
Оценка влажности почв на ирригационных системах.	131
Д.Н. Сарсекова	
Оценка экологического и экономического эффекта от гибридного тополя «казахстанский» в условиях предгорной равнины Илейского Алатау.	136
С.М. Романова, Г. Сымтыкова, Д. Купшыгар, Н. Антонова	
Характеристика химического состава и качества воды рек и водоемов северного склона Илейского Алатау в 2009 году.	140
Ж.К. Турениязова	
Оценка антропогенного изменения ионного стока реки Или.	150
Б.Н. Мынбаева, П.К. Шингисова, Г.Д. Анарбекова	
Накопление тяжелых металлов в реках г. Алматы.	156
Л.Б. Кушникова	
Модификация биотического индекса Вудивисса для водотоков бассейна Верхнего Иртыша.	163
И.Б. Скоринцева	
Оценка ландшафтно-экологической опасности земель приграничной территории Костанайской области при сельскохозяйственном воздействии.	170
М.А. Каратаев	
Экологическое состояния атмосферного воздуха Рудно-Алтайской территориальной природно-хозяйственной системы и его влияние на здоровье населения.	177
Б.К. Бекнияз	
Методологические основы оценки геологической среды Казахстанского Приаралья.	188

К.М. Ахмеденов

Геоэкологическая характеристика структуры землепользования Волго-Уральского междуречья (в пределах Западно-Казахстанской области). . . 201

М.А. Копытина

Анализ эколого-экономической обстановки в Атырауской области. 213

ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ

П.К. Шингисова, Г.Н. Баспакова

О состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 4-й квартал 2009 г. 219

С.П. Шиварева

О разработке новых методов и внедрение их в производственную деятельность Казгидромета. 228

CONTENTS

SCIENTIFIC ARTICLES

15 years are published the magazine «Hydrometeorology and ecology».	9
O.E. Semenov About the physical maintenance of a parameters of a mass concentration particles profiles at a boundary layer of a windsand stream.	11
A.V. CHerednichenko Indexes circulation display for the Atlantic-European Sector in time ranges of a temperature and precipitation at the territory of the Kazakhstan.	22
A.A. Volchek, I.N. Shpoka Existential changes of repeatability glaze-ice and rime deposition at the Byelorussia's territory.	36
R.M. Ilyakova, P.K. Thapliyal About the possibility of using satellite data for soil drought monitoring in Kazakhstan.	53
T.A. Agayev, A.I. Islam-Zade Definition of an atmosphere pollution potential by a physical-statistical method, and estimation of the air basin industrial cities of Apsheron condition.	67
A.M. Bagieyva Modern condition of the Shu River superficial water quality.	75
N.I. Ivkina, S.P. Shivaryova Dynamics of a Aral Sea level fluctuation at the present conditions.	80
A.M. Bagieyva, M.ZH. Burlibayev Change of a hydrological regime of the Shu River Lower Reaches under Tasotkel'sky reservoir influence.	88
V.G. Ushakov Long-term fluctuations of the maximal water discharge of snow-melt flood of rivers of Verkhny Irtiysh within the limits of Republic Kazakhstan.	93
V.P. Popova, A.N. Mussenova The determination for the loss of Syrdariya river's discharge for the entire length of the river in the region of Kazakhstan.	100

A.V. Lineitseva	
The current rivers discharge inflowing to the east part of Balkhash lake. . .	109
A.M. Kauazov	
About application of infra-red channels of NOAA/AVHRR sensors for definition of a date started of snowmelt.	116
A.O. Domran	
Suspended sediment discharge of the Ileik River Basin.	124
S.D. Magay	
Estimation of soil moisture on a irrigational systems.	131
D.N. Sarsekova	
Estimation ecological and economic effect of a hybrid poplar "Kazakhstan" in conditions of foothill plain Ilejsky Ala Tau.	136
S.M. Romanova, G.A. Symtykova, D. Kupschigar, N. Antonova	
The characteristic of a chemical compound and water quality of the rivers and reservoirs of northern slope Ileisky Ala Tau in 2009.	140
ZH.K. Turenijazova	
Estimation of anthropogenous change of the Ili River ionic flow.	150
B.N. Mynbayeva, P.K. SHingisova, G.D. Anarbekova	
Accumulation of heavy metals in the rivers of Almaty sity.	156
L.B. Kuchnikova	
Modification of a biotic index of the Vuddiviss for Verkhny Irtiysh basin stream.	163
I.B. Skorintseva	
Assessment of landscape-ecological hazards of land border territory Kostanai region with agricultural impact.	170
M.A. Karatayev	
Ecological conditions of the Rudno-Altayskay territorial natural economic system atmospheric air and its influence to population health. . .	177
B.K. Bekniyaz	
Methodological bases for the geological environment Kazakhstan's Aral Region estimation.	188

K.M. Akhmedenov

Geocological characteristic of the Volga-Ural interfluvial land tenure structure (within the limits of the West-Kazakhstan Region). 201

M.A. Kopytina

Analysis of ecological and economic situation of the Atyrau Region. . 213

REVIEWS AND CONSULTATIONS

P.K. SHingisova, G.N Baspakova

About environment of the Republic of Kazakhstan in the fourth quarter 2009. 219

S.P. Shivaryova

About development of a new methods and their introduction to Kazhydromet production activity. 228

Журналу «Гидрометеорология и экология» – 15 лет

Организация и подготовка первого номера журнала «Гидрометеорология и экология» осуществлялась в труднейшее время перестройки и распада Советского Союза. В состав редколлегии вошли крупные ученые и специалисты в области гидрометеорологии и смежных дисциплин. В ускоренном порядке пришлось решать целый ряд вопросов – от названия журнала и его научной направленности, до формата и дизайна. Первый состав редколлегии журнала проявил находчивость, изобретательность и большую работоспособность. С самого начала редколлегия ориентировала авторов на необходимость представления научной продукции высокого уровня, что впоследствии позволило журналу войти в особый список ВАК. Научные работы, опубликованные в журналах этого списка, учитываются Высшей аттестационной комиссией при защитах диссертаций на соискание ученых степеней. Члены редколлегии становились как бы невидимыми соавторами редактируемых статей. Несмотря на требовательность к представляемым материалам, всегда преобладали терпение, доброжелательность к авторам, желание улучшить содержание статей и более четко показать сущность полученных результатов, возможность их внедрения в практику.

До сих пор «Гидрометеорология и экология» остается в Казахстане одним из немногих научно-технических журналов, освещающих основные проблемы и достижения национальной и мировой гидрометеорологической науки и практики, вопросы мониторинга загрязнения природной среды и климата, его изменений. Издание объединяет широкий круг авторов, проживающих не только в Казахстане, но и за его пределами. Публикуются статьи ведущих ученых и специалистов МОН РК, других министерств и ведомств, а также иностранных авторов по актуальным проблемам гидрометеорологии и загрязнения природных сред, глобальных и региональных изменений климата. Большое внимание уделяется современным достижениям в области прогнозирования климата, водности, печатаются работы по дефляции подстилающей поверхности, переносу песка и солей, селевым вопросам, проблемам озера Балхаш, Каспийского и Аральского морей. Статьи, опубликованные в журнале, активно используются учеными и специалистами научно-исследовательских учреждений стран ближнего зарубежья, а также профессорско-преподавательским составом Института повышения квалификации руководящих работников и специалистов Росгидромета, Региональным метеорологическим учебным центром Всемир-

ной метеорологической организации (ВМО) в Российской Федерации для подготовки учебных и методических материалов.

Просматривая страницы журнала «Гидрометеорология и экология», можно проследить не только развитие наук об атмосфере, климате и водных ресурсах, но и всей Гидрометслужбы Казахстана, а также творческий рост многих ученых и специалистов. За прошедшие годы журнал стал одним из авторитетнейших отечественных технических изданий в области естественных наук и продолжает оставаться единственным специализированным журналом в области гидрометеорологии, учредителем которого является национальная Гидрометслужба.

Поздравляю членов редакционной коллегии, авторов и читателей научно-технического журнала «Гидрометеорология и экология» с 15-летним юбилеем. Выражаю уверенность, что в будущем научное и практическое значение журнала будет возрастать и способствовать устойчивому развитию не только республики Казахстан, но и всего международного сообщества. Желаю всем творческих успехов и надеюсь, что журнал будет по-прежнему радовать своих читателей высоким научным уровнем публикуемых материалов.

С уважением

Организатор журнала, первый председатель редакционной коллегии, Ректор института повышения квалификации руководящих работников и специалистов Росгидромета, Исполнительный директор Регионального метеорологического учебного центра ВМО в Российской Федерации, доктор географических наук, профессор, Почетный метеоролог Гидрометслужбы России, Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, Заслуженный метеоролог Российской Федерации.



Г.Н. Чичасов

УДК 551.515: 532.5.18

**О ФИЗИЧЕСКОМ СОДЕРЖАНИИ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЕЙ
МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ В ПОГРАНИЧНОМ
СЛОЕ ВЕТРОПЕСЧАНОГО ПОТОКА**

Канд. физ.-мат. наук О.Е. Семенов

Перенос массы песка в пограничном слое ветропесчаного потока носит струйный характер. Концентрация массы частиц в струе формально описывается функцией $C(z) = A \cdot z^b \exp(-\alpha \cdot z)$, где A , b и α – числовые множители. Нормирование функции на максимальную концентрацию в струе C_{\max} , высоты z – на размер частиц x_0 позволило заменить параметр A на физическую величину C_{\max} , и получить уравнение струи песка в виде

$$C(z) = C_{\max} \cdot \left(\frac{z}{x_0}\right)^{0,045 \frac{w_g}{u_*}} \cdot \exp\left(-0,015 \frac{w_g}{u_*} \cdot \frac{z}{x_0}\right), \text{ где } u_* \text{ – динамическая}$$

скорость, w_g – скорость гравитационного падения частиц их среднего геометрического размера x_0 . Получена также зависимость C_{\max} от динамического аналога числа Фруда

$$C_{\max} = 0,45 + 6,3 \cdot 10^{-4} Fr_*.$$

В статье [5] приводятся результаты наших исследований массовой концентрации частиц песка в пограничном слое ветропесчаного потока в полевых условиях и в аэродинамической трубе. Измерения проводились над песками с логарифмически нормальной функцией распределения частиц по размерам [4]. Профили концентрации песка в потоке выше уровня $z_1 = 15...20$ мм как в поле, так и в аэродинамической трубе аппроксимируются степенной функцией

$$C(z) = C_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^{-\beta}, \tag{1}$$

где C_1 – концентрация песка на высоте z_1 , а β является по исследованиям Баренблатта и Голицына [1, 8] функцией отношения w_g/u_* , где w_g – гидродинамическая крупность частиц (скорость свободного

гравитационного падения), а u_* – динамическая скорость потока. В полевых условиях получить форму профиля ниже этой высоты переноса получить не удалось, вследствие сложных условий измерений. Эксперименты в аэродинамической трубе показали, что ниже этого уровня перенос песка носит струйный характер. Было получено 16 профилей массовой концентрации песка над песками двух размеров – средним геометрическим размером x_0 , равным 92 и 172 мкм. Концентрация массы частиц в струе была формально описана функцией

$$C(z) = A \cdot z^b \exp(-\alpha \cdot z), \quad (2)$$

где A , b и α – числовые множители, z – высота. Для всех профилей были получены значения A , b и α . При небольших скоростях потока обнаруживается до 3...5 тонких струй песка. В этих условиях профиль массовой концентрации песка в потоке ниже уровня z_1 можно представить в виде системы уравнений этой функции [5]. Ближайшими двумя задачами исследований пограничного слоя ветропесчаного потока являются, по моему мнению, следующие две:

1. получение и накопление новых экспериментальных профилей массовой концентрации песка;
2. нахождение связей параметров профилей с физическими параметрами воздушного потока и частиц песка.

Рассмотрению второй из названных задач посвящена эта статья.

Профиль концентрации песка в безразмерной системе координат

Существенным недостатком формулы (2) при описании профилей массовой концентрации песка в потоке является неопределенность зависимости её параметров от параметров ветропесчаного потока и размеров частиц песка на поверхности. Другие недостатки – размерность величины (z^b) и показателя степени при экспоненте ($-\alpha \cdot z$); физическая неопределенность параметра A . Последний, из физических соображений, должен иметь размерность массовой концентрации $M L^{-3}$, тогда как ($-\alpha \cdot z$) и (z^b) должны быть безразмерными величинами. Избавиться от этих недостатков удалось путем введения безразмерной высоты переноса, полученной нормированием высоты z на средний геометрический размер частиц песка на поверхности x_0 , и массовой концентрации песка $C(z)$ на её максимальное значение C_{\max} на оси приповерхностной струи песка. При введении нормирования место параметра A в формуле (2) для

описания профиля массовой концентрации песка занимает значение измеряемой величины C_{\max} с размерностью $M L^{-3}$, после всех этих операций она приняла вид

$$C(z) = C_{\max} \cdot \left(\frac{z}{x_0}\right)^b \cdot \exp\left(-\alpha \cdot \frac{z}{x_0}\right). \quad (3)$$

На рис. 1 – 4 показаны профили массовой концентрации песка в пограничном слое ветропесчаного потока в безразмерных координатах: высоты – z/x_0 и концентрации – C/C_{\max} при различных значениях динамической скорости u_* над поверхностью песка со средним геометрическим размером частиц $x_0 = 172$ мкм и $x_0 = 92$ мкм. На рис. 1 хорошо виден многоструйный перенос песка при небольших значениях динамической скорости потока $u_* = 0,37$ м/с. Струи формируются при их отрыве с гребней эоловой ряби. Три нижних струи наиболее тонкие и имеют вертикальный размер порядка 2 – 3 десятков частиц песка. Самая нижняя из них – с наибольшей концентрацией массы частиц, равной $C_{\max} = 0,556$ мг/см³. По мере удаления от гребня, на котором струя песка создана, она поднимается выше и рассеивается, занимая с ростом высоты от дна потока все большую часть пространства и уменьшая концентрацию частиц в нем.

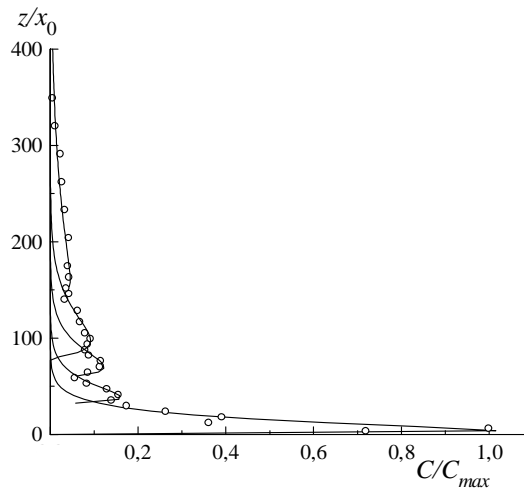


Рис. 1. Профиль массовой концентрации песка в пограничном слое ветропесчаного потока над поверхностью песка с $x_0 = 172$ мкм при $u_* = 0,37$ м/с.

Всю тонкую структуру вертикального профиля массовой концентрации песка при таком струйном характере переноса можно описать системой уравнений (4)

$$C(z) = \begin{cases} 0,105 C_{\max} \left(\frac{z}{x_0} - 32 \right)^{0,5} \exp \left[-0,078 \left(\frac{z}{x_0} - 32 \right) \right] & \text{для } 32x_0 \leq z \leq 59x_0 \\ 0,05 C_{\max} \left(\frac{z}{x_0} - 59 \right)^{0,65} \exp \left[-0,06 \left(\frac{z}{x_0} - 59 \right) \right] & \text{для } 59x_0 \leq z \leq 80x_0 \\ 0,025 C_{\max} \left(\frac{z}{x_0} - 80 \right)^{0,7} \exp \left[-0,04 \left(\frac{z}{x_0} - 80 \right) \right] & \text{для } 80x_0 \leq z \leq 150x_0 \\ 0,04 C_{\max} \left(\frac{z}{x_0} - 150 \right)^{0,1} \exp \left[-0,01 \left(\frac{z}{x_0} - 150 \right) \right] & \text{для } 150x_0 \leq z \leq 350x_0 \\ C_{\max} \left(\frac{z}{x_0} \right)^{0,3} \exp \left(-0,1 \frac{z}{x_0} \right) & \text{для } z \leq 32x_0 \end{cases} \quad (4)$$

На рис. 1 видно, как хорошо описывается этой системой функций полученный экспериментальный профиль. Если нет необходимости в столь подробном описании всех струй, то можно, сгладив профиль в области верхних струй, ограничиться для описания этого профиля концентрации только двумя функциями. Верхняя его часть неплохо аппроксимируется хорошо теоретически обоснованной [1, 3, 8] функцией вида (1), нижняя – первой снизу функцией системы (4). На рис. 2 представлена реализация такого подхода с описанием экспериментального профиля системой двух функций (5)

$$C(z) = \begin{cases} 0,39 C_{\max} \left(\frac{z}{18x_0} \right)^{-1,12} & \text{для } z \geq 18x_0 \\ C_{\max} \left(\frac{z}{x_0} \right)^{0,3} \exp \left(-0,1 \frac{z}{x_0} \right) & \text{для } z \leq 18x_0 \end{cases}, \quad (5)$$

где $0,39 \cdot C_{\max}$ – концентрация песка на высоте $z = 18x_0$.

С увеличением скорости ветропесчаный поток в пограничном слое можно рассматривать уже как одноструйный, с размываемой турбулентной диффузией верхней границей струи. На рис. 3 представлен пример такого профиля массовой концентрации над поверхностью песка с $x_0 = 172$ мкм при динамической скорости потока $u_* = 0,66$ м/с, C_{\max} которого равен $0,937$ мг/см³. Профиль описывается системой из двух уравнений (6).

$$C(z) = \begin{cases} 0,45 C_{\max} \left(\frac{z}{65x_0} \right)^{-1,45} & \text{для } z \geq 65x_0 \\ C_{\max} \left(\frac{z}{x_0} \right)^{0,08} \exp \left(-0,022 \frac{z}{x_0} \right) & \text{для } z \leq 65x_0 \end{cases}. \quad (6)$$

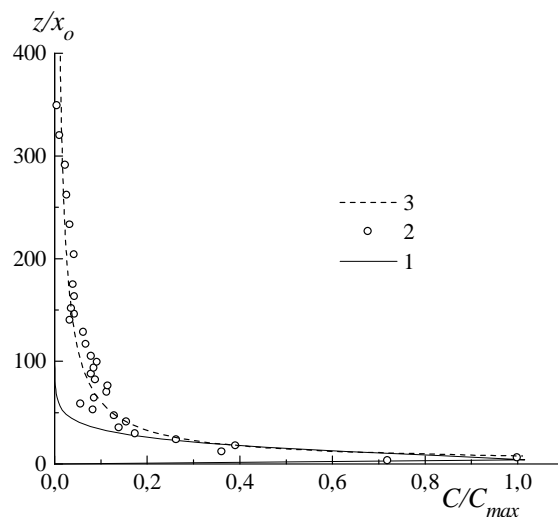


Рис. 2. Аппроксимация профиля массовой концентрации над поверхностью песка с $x_0 = 172$ мкм при $u_* = 0,37$ м/с двумя функциями: 1 – нижняя функция системы (5), 2 – экспериментальные данные, 3 – верхняя функция системы (5).

Но и при больших скоростях потока на профилях массовой концентрации крупного песка можно иногда заметить над нижней струёй слабые следы удаленных от места измерения рассеянных турбулентными вихрями других струй.

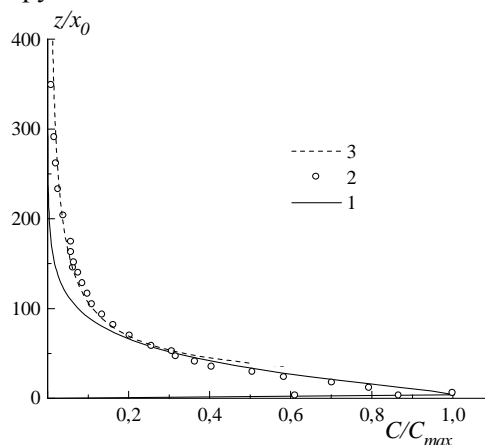


Рис. 3. Аппроксимация профиля массовой концентрации над поверхностью песка с $x_0 = 172$ мкм при $u_* = 0,66$ м/с двумя функциями: 1 – нижняя функция системы (6), 2 – экспериментальные данные, 3 – верхняя функция системы (6).

Аналогичная аппроксимация этими двумя видами функций выполнена для всех измеренных профилей массовой концентрации над поверхностью песка с $x_0 = 172$ мкм и $x_0 = 92$ мкм.

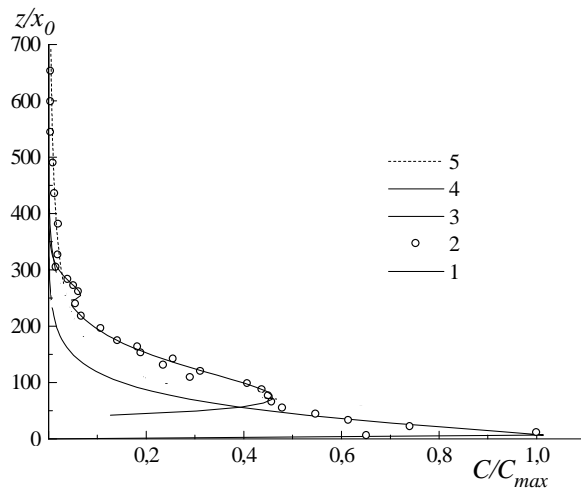


Рис. 4. Аппроксимация профиля массовой концентрации над поверхностью песка с $x_0 = 92$ мкм при $u_* = 0,83$ м/с двумя видами функций: 1, 3, 4 – функции вида (3), 2 – экспериментальные данные, 5 – функция вида (1).

Для мелкого песка пример одного из нормированных профилей концентрации представлен на рис. 4. Он получен при достаточно большом значении динамической скорости $u_* = 0,83$ м/с и $C_{\max} = 1,205$ мг/см³.

Над мелким песком многоструйность потока песчаных частиц в пограничном слое хорошо сохраняется и при значительных скоростях потока, как это видно на рис. 4. Описывающая этот профиль система функций (7) дана ниже

$$C(z) = \begin{cases} 0,027 C_{\max} \left(\frac{z}{295x_0} \right)^{-2} & \text{для } z \geq 295x_0 \\ 0,016 C_{\max} \left(\frac{z}{x_0} - 240 \right)^{0,8} \exp \left[-0,05 \left(\frac{z}{x_0} - 240 \right) \right] & \text{для } 240x_0 \leq z \leq 295x_0 \\ 0,069 C_{\max} \left(\frac{z}{x_0} - 40 \right)^{0,75} \exp \left[-0,022 \left(\frac{z}{x_0} - 40 \right) \right] & \text{для } 40x_0 \leq z \leq 240x_0 \\ C_{\max} \left(\frac{z}{x_0} \right)^{0,09} \exp \left[-0,023 \left(\frac{z}{x_0} \right) \right] & \text{для } z \leq 40x_0 \end{cases} \quad (7)$$

Таким образом, удалось устранить недостатки формулы (2) при описании вертикального профиля массовой концентрации в ветропесчаном потоке: избавиться от размерности величины (z^b), показателя степени при экспоненте ($-\alpha z$) и физической неопределенности параметра A .

Связь параметров профилей концентрации с параметрами ветропесчаного потока

Обратимся теперь к задаче поиска зависимостей параметров C_{\max} , α и b функции (3) от параметров потока и частиц песка, участвующих в ветровом переносе. Изучению траектории отдельно взятой сальтирующей частицы посвящено уже достаточно много работ как советских, так и зарубежных ученых. Наиболее полно рассмотрен процесс сальтации в великолепной теоретической работе Бютнер [2]. Ею создана модель строения приповерхностного слоя ветропесчаного потока, дан глубокий физический анализ процесса переноса частиц воздушным потоком. Бютнер показала, что все элементы траектории частиц зависят от параметра: $\Gamma = \frac{w_0^2}{\sigma g d}$, где w_0 – начальная вертикальная скорость вылета частицы диаметром d , σ – отношение плотности частиц ρ_p и воздуха ρ_g , g – ускорение свободного падения.

Багнольд нашел, что значения w_0 для частиц песка близко к динамической скорости потока u_* [7]. Отношение плотности частиц песка и

воздуха $\sigma = \frac{\rho_p}{\rho_g}$ можно приближенно принять за константу, а вместо диа-

метра частиц d взять средний геометрический размер частиц реального песка x_0 [4]. Таким образом, анализ входящих в этот параметр Γ величин показал, что его можно представить в виде динамического аналога числа

Фруда $Fr = \frac{u_*^2}{x_0 g}$. Поэтому зависимость максимальной на оси струи мас-

совой концентрации песка C_{\max} будем искать от динамического аналога числа Фруда, в котором сравнивается касательное напряжение ветропесчаного потока с силой тяжести частиц.

При получении этой зависимости не были использованы результаты трех экспериментов. Одного – над крупным песком в понижении между гребнями эоловой ряби, струя песка которого оказалась высоко приподнята над нулевой поверхностью и имела небольшое значение C_{\max} . Два других – над мелким песком при больших значениях динамической скорости $u_* = 0,94$ м/с и $u_* = 1,06$ м/с, у которых наоборот оказались

очень большие значения C_{\max} , превышающие значения 2,2 и 2,5 мг·см⁻³, соответственно. Анализ проведения экспериментов показал, что мелкий песок при больших скоростях потока сильно электризуется и частицы налипали на боковые стенки аэродинамического канала, что привело, по-видимому, к значительным систематическим погрешностям в определении как C_{\max} , так и параметров a и b функции (3). Поэтому и для определения зависимостей параметров a и b от характеристик ветропесчаного потока результаты этих трех экспериментов далее не использовались.

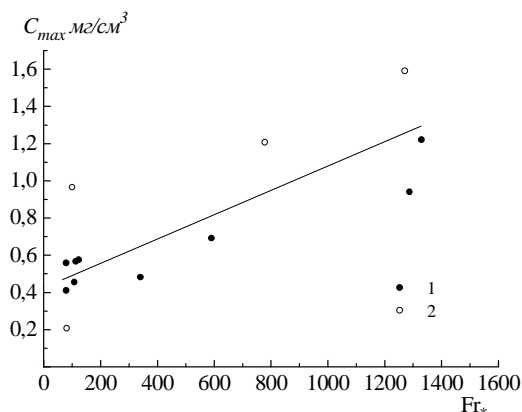


Рис. 5. Зависимость максимальной на оси струи массовой концентрации песка в пограничном слое ветропесчаного потока от динамического аналога

числа $Fr_* = \frac{u_*^2}{x_0 g}$ для песка размером: 1 – $x_0 = 172$ мкм, 2 – $x_0 = 92$ мкм.

На рис. 5 представлена полученная для пограничного слоя ветропесчаного потока статистическая зависимость C_{\max} от динамического

аналога числа Фруда $Fr_* = \frac{u_*^2}{x_0 g}$

$$C_{\max} = 0,45 + 6,3 \cdot 10^{-4} Fr_* . \quad (8)$$

Её коэффициент корреляции $r = 0,81$, стандартное отклонение $\sigma_r = \pm 0,24$. Таким образом, получена зависимость максимальной массовой концентрации частиц C_{\max} на оси приповерхностной струи от динамической скорости и среднего геометрического размера частиц песка на дне потока.

Перейдем к поиску зависимости параметров формулы (3) b и a от физических характеристик потока и частиц песка. Напомню, что они должны быть безразмерными величинами. Наиболее приемлемым, видимо, явля-

ется поиск зависимостей этих величин от отношения w_g/u_* , значение которого, как показали Баренблатт и Голицын [1, 8], определяет поведение частиц в двухфазном потоке.

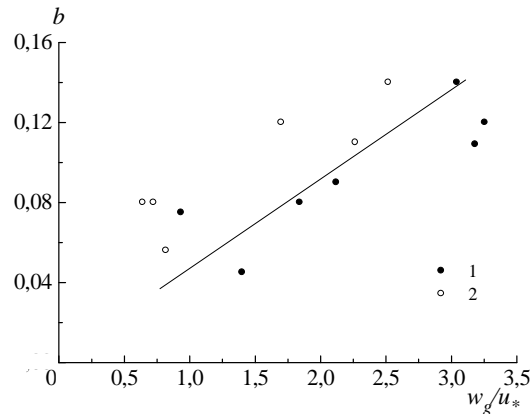


Рис. 6. Зависимость параметра b формулы (3) для описания вертикального профиля массовой концентрации песка в потоке от безразмерного отношения w_g/u_* . Условные обозначения см. рис. 5.

Скорость гравитационного падения w_g определим для среднего геометрического размера частиц песка на поверхности x_0 . Она может быть рассчитана по следующей уточненной эмпирической зависимости, полученной Шаповым,

$$w_g = 6,5 \cdot 10^{-2} \sqrt{g x_0} - 1,27,$$

где g измеряется в м/с^2 , w_g – в м/с , а x_0 – в $\mu\text{м}$ [6]. Значение w_g , вычисленное по ней, для песка с $x_0 = 92 \mu\text{м}$ составляет $0,68 \text{ м/с}$, для $x_0 = 172 \mu\text{м}$ – $w_g = 1,40 \text{ м/с}$.

На рис. 6 представлена зависимость b от отношения w_g/u_* , которая дана в виде линейной функции (9)

$$b = 0,045(w_g/u_*). \quad (9)$$

На следующем рис. 7 показана зависимость множителя α в показателе степени экспоненциального члена формулы (3) от отношения w_g/u_* .

Она также получена в виде линейной функции

$$\alpha = 0,015(w_g/u_*). \quad (10)$$

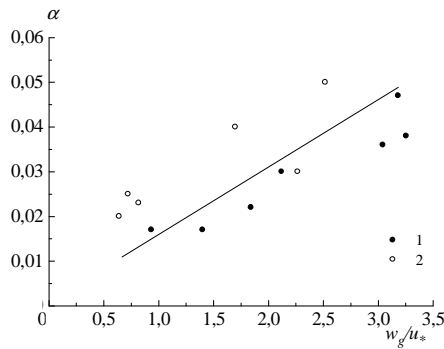


Рис. 7. Зависимость параметра α формулы (3) для описания вертикального профиля массовой концентрации песка в потоке от безразмерного отношения w_g/u_* . Условные обозначения см. рис. 5.

Используя полученные зависимости (8), (9) и (10) формулу (3) для описания вертикального профиля массовой концентрации песка в струе песка в нижней части пограничного слоя ветропесчаного потока можно записать в виде

$$C(z) = C_{\max} \cdot \left(\frac{z}{x_0} \right)^{0,045 \frac{w_g}{u_*}} \cdot \exp \left(-0,015 \frac{w_g}{u_*} \cdot \frac{z}{x_0} \right). \quad (11)$$

Она позволяет описать профиль массовой концентрации в струе песка по информации всего лишь о двух величинах потока – динамической скорости потока u_* и среднем геометрическом размере частиц песка x_0 на дне потока. Дальнейшее накопление результатов измерений профилей концентрации должно уточнить полученные нами числовые множители в формулах (8), (9) и (10).

Как уже говорилось выше, эксперименты с мелким песком, по-видимому, получились с систематическими погрешностями из-за налипания частиц на боковые стенки канала вследствие их электризации, что ухудшило тесноту полученных зависимостей. Так, зависимость $C_{\max} = f(Fr_*)$ только для крупного песка ($x_0 = 172$ мкм) имеет большую тесноту связи, чем уравнение (8), что хорошо видно на рис. 5. Её уравнение $C_{\max} = 0,437 + 4,8 \cdot 10^{-4} Fr_*$ имеет коэффициент корреляции $r = 0,93 \pm 0,1$. Очевидно, что при исследованиях переноса мелкого песка необходимо принимать меры против статического электричества, покрывая боковые стеклянные стенки канала антистатиком.

В заключение автор считает своим приятным долгом выразить глубокую благодарность А.П. Шапову за помощь при постановке и проведении экспериментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баренблатт Г.И., Голицын Г.С. Локальная структура развитых пыльных бурь. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 44 с.
2. Бютнер Э.К. Динамика приповерхностного слоя воздуха. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 158 с.
3. Прандтль Л. Гидроаэромеханика / Пер. с нем. – 2-ое изд. – М.: Изд-во иностр. лит., 1951. – 575 с.
4. Семенов О.Е. О распределении песчаных частиц по размерам на юге Казахстана вследствие эоловых процессов // Тр. КазНИГМИ. – 1970. – Вып. 36. – С. 153–165.
5. Семенов О.Е. О массовой концентрации частиц в пограничном слое ветропесчаного потока. // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №2. – С.7 – 27.
6. Шапов А.П. Определение гидродинамической крупности частиц реального песка // Гидрометеорологические проблемы Приаралья. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – С.154 – 157.
7. Bagnold R.A. The physics of blown sand and desert dunes. – London: Methuen. 1954. – 265 p.
8. Barenblatt G.I., Golitsyn G.S. Local structure of Matyre Dust Storms // *J. Atmos Sci.* – 1974 – Vol. 31, №7. – P. 1917 – 1933.

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата. г. Алматы

ЖЕЛДІ-ҚҰМДЫ АҒЫМНЫҢ ШЕКАРАЛЫҚ ҚАБАТЫНДАҒЫ БӨЛШЕКТЕРДІҢ ТОПТАСҚАН КОНЦЕНТРАЦИЯ ПРОФИЛДЕРІ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ФИЗИКАЛЫҚ ҚҰРАМЫ ТУРАЛЫ

Физ.-мат. ғылымд. канд. О.Е. Семенов

Желді-құмды ағымның шекаралық қабатындағы құм массасының орын ауыстыруы ағыс мінезді. Ағыстағы бөліктердің масса концентрациясы $C(z) = A \cdot z^b \exp(-\alpha \cdot z)$ функциясымен формалды сипатталады, мұндағы A , b және α - сандық көбейткіштер. Ағыстағы ең жоғарғы концентрациясына C_{\max} функцияны нормалау, Z - шыңдарын x_0 бөліктегі өлшеміне A параметрін C_{\max} физикалық шамасына ауыстыруға мүмкіндік берді, және де құм ағысының теңдігі

$$C(z) = C_{\max} \cdot \left(\frac{z}{x_0} \right)^{0,045 \frac{w_g}{u_*}} \cdot \exp \left(-0,015 \frac{w_g}{u_*} \cdot \frac{z}{x_0} \right) \text{ түрінде пайда болды,}$$

мұндағы u_ - динамиалық жылдамдық, w_g - x_0 орташа геометриялық мөлшердегі олардың бөліктерінің гравитациялық құлау жылдамдығы. Сонымен қатар C_{\max} Фрут санының динамикалық аналогына қатынасы табылды.*

УДК 551.509.616

ПРОЯВЛЕНИЕ ИНДЕКСОВ ЦИРКУЛЯЦИИ ДЛЯ АТЛАНТИКО-ЕВРОПЕЙСКОГО СЕКТОРА ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА

Канд. геогр. наук А.В.Чередниченко

Проанализирована связь между временными рядами температуры и осадков на территории Казахстана с одной стороны и индексами циркуляции в первом естественном синоптическом районе САК (Северные Атлантические Колебания) и ЗОН, а также параметрами аномальности Багрова и Токарева с другой. Показано, что существует в общем хорошая связь, особенно для крупных аномалий. В то же время для улучшения связей необходимо учитывать также влияние Сибирского антициклона, особенно проявляющееся в зимний период. Показана целесообразность углубленного анализа связей с индексами общей циркуляции.

В общей циркуляции атмосферы основным является западно-восточный перенос, который время от времени нарушается меридиональными возмущениями. Естественно поэтому попытаться выявить связи между циркуляцией в Атлантико-Европейском секторе, представляемой обычно в виде разных параметров циркуляции или индексов, и особенностями в рядах температуры и осадков Казахстана.

Не будучи в состоянии рассмотреть все 14, предложенных и используемых сегодня для такой оценки индексов, Барнстоном и Лавези [1] в интерпретации Харела [www.cgd.ucar.edu/jhurrell/nao.p.c.html], мы остановились на тех, которые показывают хорошую корреляцию с наблюдающимися в регионе Казахстана процессами.

Индексы САК, ЗОН. В изменениях глобальной температуры воздуха высоких широт Северного полушария, в течение 20 века обнаруживаются три достаточно самостоятельных периода. Первый период, период потепления, начался в 1920-е годы и продолжался до 1940-х годов. Второй период, период похолодания, наблюдался с 1940-х годов и продолжался до середины 1960-х годов. Третий период, период очередного потепления, начался в конце 1960-х годов и продолжается по настоящее время [3 и др.].

Исследование потепления 1920...1940-х годов, предпринятое в [4], показало, что в этот период циркуляция атмосферы претерпела существенные изменения, усилилась ее меридиональность. Повторяемость циклонов и антициклонов оставалась прежней, но пути циклонов стали проходить севернее, чем в предыдущие десятилетия. Это способствовало увеличению количества теплого воздуха, поступающего в высокие широты и привело к потеплению Арктики. Такое объяснение позволило авторам [5-12 и др] предположить, что и нынешнее потепление обусловлено существованием теплых и холодных эпох в общей циркуляции атмосферы, т.е. нынешнее потепление обусловлено циркуляционными факторами, хотя влияние парниковых газов полностью не отрицается. Более того, в 3 и 4 отчете МГЭИК, современное изменение климата в большей степени объясняется антропогенными воздействиями [7, 21-23]. Главным элементом циркуляции в умеренных широтах является западно-восточный перенос [13]. Наличие длинных волн в средней тропосфере и центров действия, постоянных и сезонных, искажает западно-восточный перенос, в нем возникают меридиональные составляющие, способствующие межширотному обмену теплом и вызывая крупные аномалии температуры и других параметров атмосферы. В масштабах климатических колебаний такие связи пока не установлены, хотя на уровне циркуляции месяц и сезон проблема не плохо изучена [7, 13-15 и др.]. А.И. Угрюмов и Н.В. Харьков в [17] решили по возможности восполнить этот пробел.

Для характеристики колебаний атмосферной циркуляции авторы использовали три индекса. Первый из них, это индекс северо-атлантического колебания САК. Индекс характеризует интенсивность зональной циркуляции над Атлантическим океаном, регулируемая Исландским минимумом и Азорским антициклоном. Индекс САК был подвержен сглаживанию и приведен к стандартной размерности индексов циркуляции Каца.

Второй показатель i_3 характеризует степень зональности циркуляции атмосферы непосредственно над Европой он представляет собой средние сезонные значения индекса зональной циркуляции А.Л. Каца в широтной зоне $50...60^\circ$ с.ш. и ограниченной меридианами $0...30^\circ$ в.д. Ни один из этих индексов не характеризует в полной мере циркуляцию над Атлантикой и Европой, кроме того, не учитывается влияние Сибирского антициклона, и полярного центра действия. Поэтому авторы [14] предложили третий интегральный показатель зональности циркуляции, объединяющей два названных выше:

$$\text{ЗОН} = 0,5 (\text{NAO} + i_3). \quad (1)$$

Величина этого индекса рассчитана за период с 1898 г. по 2000 г., что дало возможность проанализировать причины климатических колебаний в течение 20 в., как следствие особенностей зональной циркуляции.

Сравнение индекса ЗОН и векового хода аномалий количества осадков в Петербурге показало, что связь между ними слабая, а со временем она меняет знак. Следовательно, объяснить климатические колебания осадков прямым переносом влаги на континент, т.е. колебанием зональной циркуляции, невозможно. В то же время оказалось, что климатические колебания осадков в Петербурге находятся в хорошем согласии с колебаниями индекса Каца, i_3 для Европы, находясь в противофазе с ними. Следовательно, усиление меридиональности и уменьшение зональности приводит к увеличению количества осадков. Данная связь проявляется в деталях временного хода индекса осадков, она характерна для крупных интервалов времени, которые можно назвать циркуляционными эпохами. Под эпохой здесь имеется в виду отрезок времени, в течение которого в Европе преобладал определенный знак аномалии индекса i_3 [14]. При отрицательной аномалии имеет место меридиональная циркуляция, а при положительной – зональная. Авторы выделяют пять циркуляционных эпох: зональная в 1898...1916 гг., меридиональная в 1917...1934 гг., зональная в 1935...1953 гг., меридиональные в 1954...1979 гг., зональная в 1980...1990 гг.

Найденная зависимость в [17] объясняется тем, что траектории циклонов проходят преимущественно южнее Петербурга, а их северная периферия обычно не дает значительных осадков. При меридиональной же циркуляции на этот район начинают выходить южные циклоны, которые и дают избыток осадков над нормой. Связь индекса ЗОН с временным ходом температуры в Европе или Петербурге в [17] не анализировалась.

В [10] было показано, что похолодание на Европейской части России в 1980...1990-е годы, т.е. в период глобального потепления, было обусловлено преобладанием в те годы аномальной адвекции холода по восточной периферии области положительной аномалии давления и геопотенциала с центром над Скандинавией. Эта форма циркуляции связана с положительной фазой арктического и североатлантического колебаний в предыдущую зиму.

В [10, 15] показано также, что зимнее потепление над ЕТР обусловлено, в первую очередь, увеличением повторяемости положительной фазы арктического (АК) и северо-атлантического (САК) колебаний [12, 14], т.е. интенсификации адвекции теплого атлантического воздуха на ЕТР. Из других индексов дальних связей Барнстона и Ливези [20] для Северного полушария

статистически значимо коррелирует первая мода главного компонента изменчивости температуры GK_1 с индексом Восточная Атлантика – Западная Евразия в ноябре. Коэффициент корреляции около 0,51. Другие индексы, предложенные этими авторами, оказались статистически незначимыми. Также незначима их корреляция с Арктическим колебанием (АК).

Попробуем проанализировать связь индексов ЗОН, i_3 и установленными в [3 и др.] эпохами с климатическими колебаниями температуры и осадков в Казахстане. На рис. 1 представлен ход индексов ЗОН и i_3 совместно с временным ходом средней по Казахстану температуры.

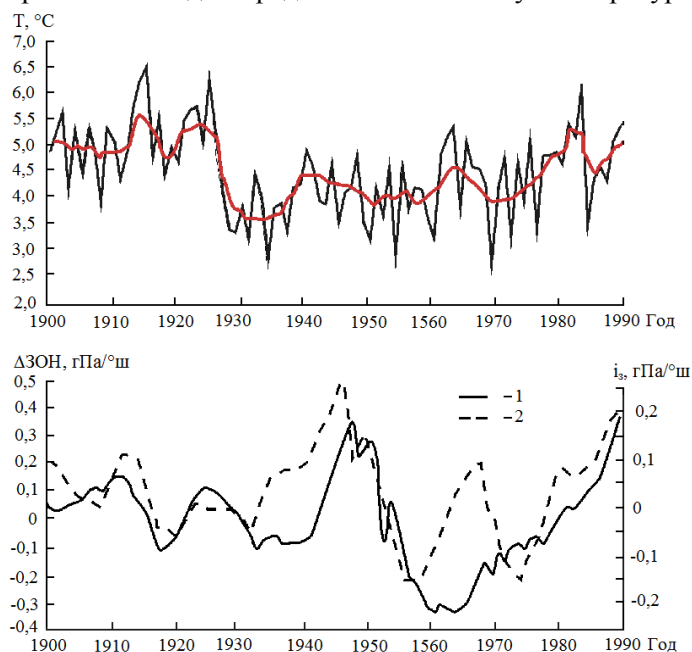


Рис. 1. Временной ход индексов ЗОН, i_3 и средней по Казахстану температуры (T) в течение 20 века. 1 – ЗОН; 2 – i_3 .

Прежде всего отметим, что временной ход ЗОН и i_3 до 1956 г. имеют хорошее согласование. Только в последующем на отрезке 1956...1974 гг. имеет место минимум индекса i_3 по абсолютной величине, который почти отсутствует во временном ходе ЗОН.

Общая связь между временным ходом индекса ЗОН и ходом средней температуры в Казахстане имеется. Меридиональным эпохам соответствуют периоды резкого изменения температуры: в эпоху с 1916 по 1954 гг. – падение, а в эпоху 1954...1979 гг. – рост. В периоды зональных эпох резкого изменения температуры не происходило, но именно в эти периоды имели место минимумы в ее ходе.

Что же касается связи индексов ЗОН и i_3 с осадками, то возьмем для этого их временной ход в Кокшетау и Темире (рис. 2).

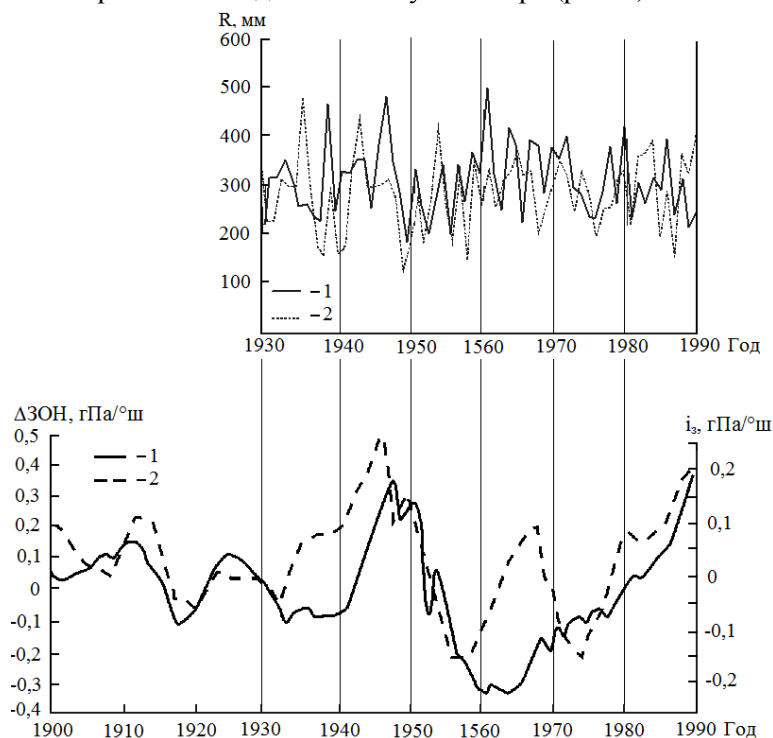


Рис. 2. Временной ход индексов ЗОН, i_3 и годового количества осадков (R) на станциях Кокшетау(1) и Темир (2). 1 – ЗОН; 2 – i_3 .

Во временном ходе осадков в Кокшетау зональным эпохам соответствует минимум количества осадков, а меридиональным – максимум в их временном ходе. Похожая ситуация характерна и для Темира, кроме одного – на последнем зональном этапе имеет место максимум, а не минимум осадков.

Следовательно, индексы ЗОН и i_3 , вычисленные для Атлантико-Европейского региона, достаточно хорошо коррелируют с крупными изменениями временного хода температуры и осадков в Казахстане, как части территории, на которой действует механизм общей циркуляции атмосферы. В то же время можно видеть, что более высокого уровня связей можно достичь, учитывая местные циркуляционные и орографические механизмы воздействия.

Индексы Багрова и Токарева. Особенности проявления современного потепления климата в тропосфере Атлантико-Европейского региона рассмотрены Переведенцевым Ю.П. и соавторами в [14]. Объектом ис-

следования был регион, ограниченный 30 – 80° с.ш., 60° з.д. – 70° в.д. Изучались аномалии средних годовых температур в узлах сетки с шагом 2,5×2,5° не только у земли, но и до высоты изобарической поверхности 200 гПа за период 1958 – 2001 гг. Проанализировав и обобщив ряд последних исследований, авторы согласились с тем, что в обоих полушариях Земли доминирует тенденция потепления. Потепление составило для Земли в целом 0,41 °С/ 100 лет, но в Южном полушарии оно равно 0,43 °С/100 лет, а в Северном только 0,39 °С/100 лет. Приведенные величины потепления заметно ниже приводимых рядом других авторов [17-25]. По сравнению с Северным в Южном полушарии многолетние периоды потепления отличались большей продолжительностью, а периоды похолодания были заметно короче. Имеют место несовпадения хронологий следования фаз потеплений и похолоданий в обоих полушариях. Рост температуры в Южном полушарии был наиболее интенсивным в 1908...1944 гг, а во второй половине 20 века скорость потепления была в два раза ниже, чем в Северном полушарии.

Потепление в Северном полушарии коррелирует с ледовитостью Северной Атлантики и течением Эль-Ниньо – южное колебание, а в Южном – с вариациями CO₂ в атмосфере и тем же Эль-Ниньо. Следовательно, природа потепления в этих полушариях, как считают авторы [12], различна. Роль солнечного фактора оказалась пренебрежимо малой.

Для собственных исследований циркуляций в названном регионе авторы использовали два параметра или индекса аномальности: Н.А. Багрова и В.Г. Токарева [16]. Параметр аномальности Н.А. Багрова, (K_6) рассчитывается по формуле:

$$K_6 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\Delta T_i}{\delta_i} \right)^2, \quad (2)$$

где ΔT_i – аномалия температуры в точке I , δ_i – среднее квадратическое отклонение температуры в той же точке I , N – число точек.

Можно видеть из (2), что параметр аномальности Багрова учитывает только величину аномальности и он всегда положительный. Параметр аномальности Токарева, однако, позволяет учитывать и величину, и знак аномальности, потому что он рассчитывается по формуле:

$$K_T = \frac{1}{N + M} \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{\Delta T_i}{\delta_i} \right)_n^2 - \sum_{i=1}^M \left(\frac{\Delta T_i}{\delta_i} \right)_m^2 \right], \quad (3)$$

где N – число точек с положительной аномалией, M – число точек с отрицательной аномалией.

Для Атлантико-Европейского региона были рассчитаны величины и построен временной ход обоих параметров аномальности за период с 1958 по 2001 гг. [18].

Обнаружено, что оба параметра испытывают значительные колебания от года к году. Примерно до 1984 г. параметры идут в противофазе, а затем параметр (K_T) принимает только положительные значения и идет параллельно параметру K_6 . В период с 1960 по 1979 г. параметр (K_T) имел отрицательные значения, которому соответствуют периоды похолоданий в Европе 1964 и 1972 гг.

Анализ периодов среднемесячных значений температуры воздуха за анализируемый период выявил большую пространственно – временную неоднородность в тенденциях изменения температуры в различных частях региона. Поэтому не рассчитывая на высокую степень корреляции, мы попытались все же проанализировать, существует ли связь между параметрами аномальности для Атлантико-Европейского сектора K_6 и K_T и временным ходом температуры в Казахстане.

На рис. 3 представлен временной ход параметров Токарева и Багрова по [18], а рядом временной ход температуры для станций Темир, Казалинск, Семипалатинск, начиная с того же 1958 г. Поскольку параметры K_6 и K_T большую часть периода находятся в противофазе, будем говорить в основном о параметре K_T .

Можно видеть, что имеет место хорошее совпадение экстремумов отрицательных значений параметра аномальности Токарева и экстремально низких средних годовых температур по станциям Казахстана. Так, по станции Темир экстремально низкие температуры 1969, 1976 и 1983 гг. совпадают с отрицательными экстремумами индекса Токарева. Несколько хуже, но имеется совпадение и по экстремально высоким температурам. В то же время холодные 1960, 1984 годы отклика в ходе K_T не имеют. Кроме того, величины аномальности среднегодовой температуры тоже не всегда пропорциональны величине K_T . Это особенно заметно для холодного 1969, 1984 гг. и других.

Несколько слабее синхронность временного хода K_T и средней месячной температуры для Казалинска, имеют место отдельные совпадения экстремумов, как отрицательных так и положительных (рис. 3).

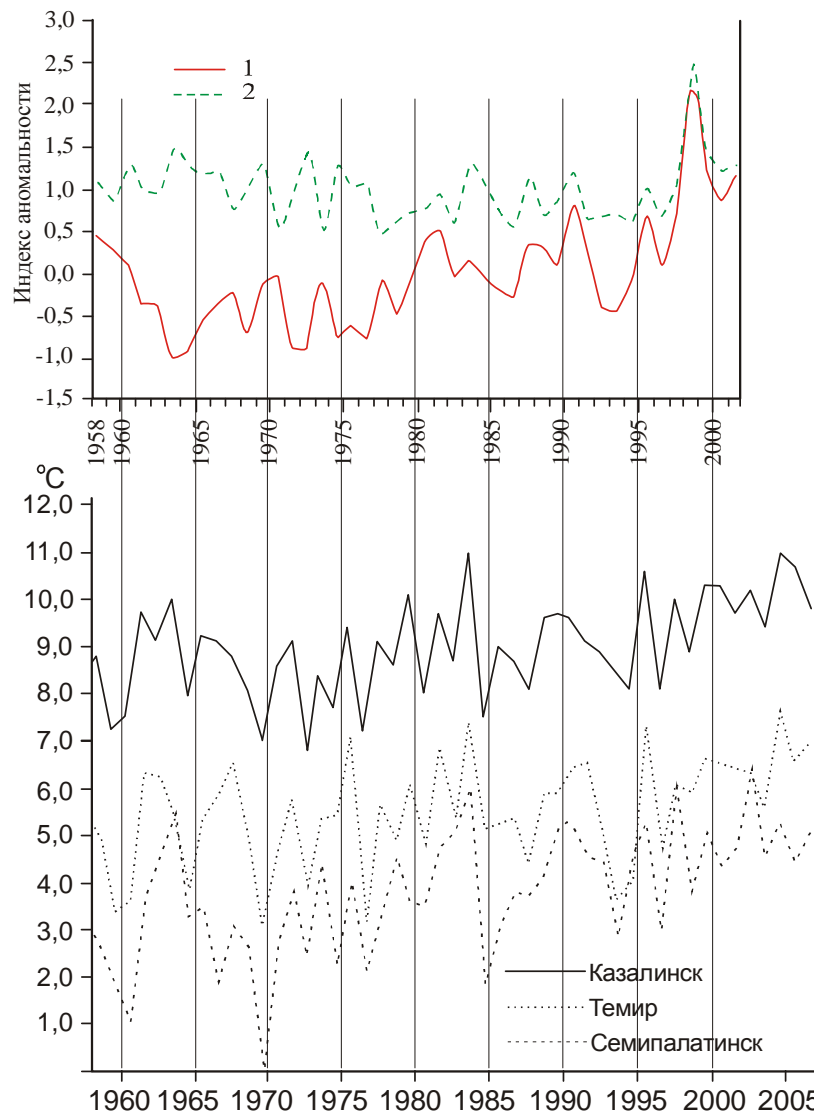


Рис. 3. Многолетние изменения индексов Токарева (1) и Багрова (2) и временной ход температуры для станций Темир, Казалинск, Семипалатинск.

Для временного ряда температуры Семипалатинска характерно совпадение по времени экстремально низких температур в 1969, 1992 и 1996 гг. с отрицательными аномалиями K_T , а также экстремально высоких температур в 1982, 1990 и 1997 гг. с положительными экстремумами K_T . В целом, однако, синхронность хода K_T и среднегодовой температуры в Семипалатинске еще ниже, чем в Казалинске. Важным является также то, что с удалением от Атлантико-Евразийского региона исследований постепенно ослабевает также и количественная связь между K_T и температурой.

Рассмотрим теперь, как согласуются с индексом K_T временные ряды осадков. Как и в случае с температурой, имеет место определенная синхронность в ходе K_T и осадков. Так, для станции Темир характерно совпадение экстремально низкого количества осадков 1969, 1977 гг. с экстремально низкими величинами K_T . Также экстремально высокое количество осадков в 1983...1984, 1992 и 1999 гг. совпадают с высокими K_T . Максимум осадков в 1984 г. достаточного отражения в величине K_T не нашел, однако он совпадает с экстремумом K_6 (рис. 4).

Для временного ряда осадков станции Семипалатинск синхронность с ходом K_T оказалась выше, чем для ряда температуры. Имеют хорошее совпадение не только минимумы осадков, в 1975...1989, 1967...1968 гг., но и максимумы в 1961, 1969, 1980, 1991 и 1994 гг.

Проанализируем экстремумы во временных рядах температуры и осадков станций, данные которых мы использовали выше (рис. 3 и 4). Несмотря на синхронное наступление большинства экстремумов в рядах температуры, их амплитуда существенно изменяется по территории. Так, экстремально холодный 1969 г. выразился в отклонении от нормы среднегодовой температуры для Семипалатинска 3,7 °С, для Темира – 2,1 °С, а экстремально высокая температура 1982 г. в Казалинске составила отклонение от нормы 2,5 °С, в Темире 1,9 °С, в Семипалатинске – 2,2 °С, в Жаркенте 1,6 °С, а в Кокшетау 0,4 °С. Аналогично обстоит дело и с осадками. В 2002 г. они были выше нормы в Темире на 175 мм, в Семипалатинске – на 80 мм, в Кокшетау – на 60 мм. На станциях южнее 50° с.ш. в Казалинске осадки были ниже нормы, в Жаркенте – также ниже нормы.

Таким образом, проанализировав связь временного ряда аномальной температуры в Атлантико-Европейском секторе, представленного в виде параметров Токарева и Багрова, с временными рядами температуры и осадков, мы установили, что такая связь существует. Для рядов температуры отрицательным величинам параметра K_T соответствуют отрицательные аномалии среднегодовой температуры и наоборот. При этом отклонение среднегодовой температуры от нормы увеличивается к востоку, достигая максимума в Семипалатинске и Усть-Каменогорске.

Отклонению параметра K_T в направлении положительных величин соответствует превышение средней годовой температуры над нормой, но максимум этот имеет место в центральных районах Казахстана (М Казалинск, постепенно ослабевая к западу и востоку и совсем быстро ослабевая севернее 50° с.ш. (Кокшетау).

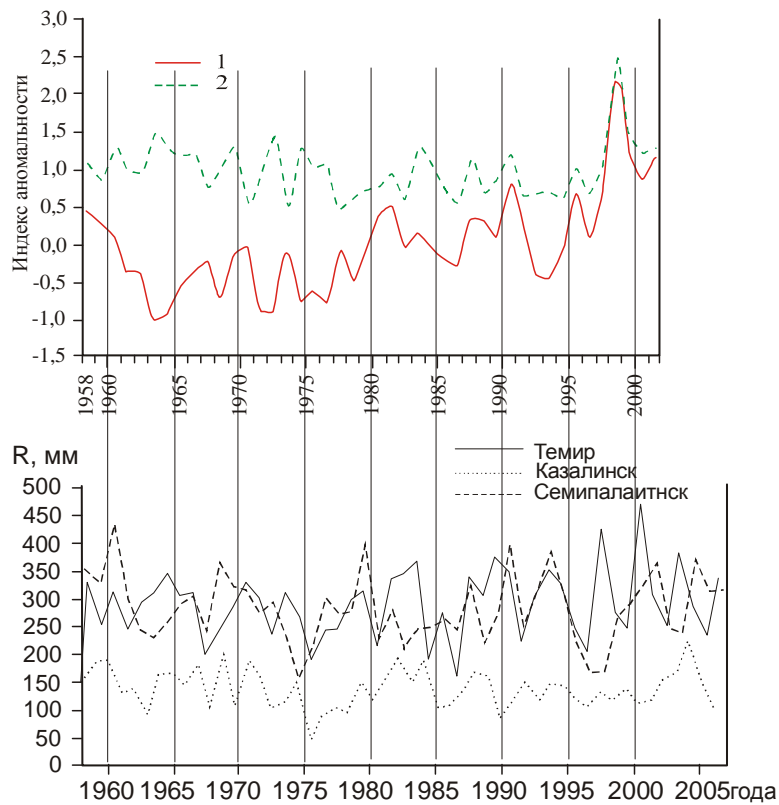


Рис. 4. Многолетние изменения индексов Токарева (1) и Багрова (2) и временной ход осадков для станций Темир, Казалинск, Семипалатинск.

Связь параметра K_T на временной ход осадков проявляется в том, что в годы отрицательных экстремумов K_T имеет место экстремально высокое количество осадков на северной части территории Казахстана и в уменьшении амплитуды отклика на минимум K_T при перемещении с запада на восток Казахстана (Темир – Семипалатинск). Отклик в рядах осадков уменьшается медленнее, чем для временных рядов температуры. В то же время на некоторых станциях (Казалинск) экстремально низким K_T соответствует и экстремально низкое количество осадков.

Территория Казахстана испытывает на себе сильное влияние процессов, происходящих над Атлантикой и Западной Европой, но, кроме этого, сказывается в холодный период влияние сезонного центра действия Сибирского антициклона, формирующего экстремально низкие температуры в этот период. И чем восточнее регион Казахстана, тем это влияние сильнее. Летом проявляется влияние субтропического пояса высокого давления. Орография региона такова, что сухие и теплые воздушные мас-

сы приходят в Казахстан с юго-запада. Это и определяет появление экстремально высоких температур в центральных районах Казахстана.

В [3] для Атлантико-Европейского сектора тоже получено, что амплитуды годового хода температуры воздуха над Европой увеличиваются в направлении с запада на восток от минимальных амплитуд над Атлантическим побережьем Европы (7...8 °С) до максимальных над Европейской частью России (15...17 °С). Мы показали, что рост амплитуд годового хода увеличивается вплоть до меридиана 80° в.д., т.е. до восточных границ Казахстана, и это объясняется влиянием сезонного центра действия Сибирского антициклона зимой и выносом горячего и сухого тропического воздуха из пояса повышенного давления субтропических широт – летом.

Иногда связь с параметром Багрова оказывается количественно более сильной, чем с параметром Токарева. Поэтому целесообразно использовать оба параметра одновременно. Было бы очень интересно изучить внутригодовую структуру временного хода температуры воздуха в Казахстане во взаимосвязи с параметрами K_T и K_6 . Это безусловно углубило бы понимание обсуждаемых взаимосвязей [18].

Авторы [12] указывают на наличие синхронного хода температуры в Атлантико-Европейском секторе и на всем Северном полушарии при весьма сложной пространственно-временной изменчивости температуры воздуха не только у земли, но и на высотах. Мы выше показали, что не только температура, но и осадки над территорией Казахстана тоже находятся в синхронной, а иногда противофазой зависимости с процессами в Атлантико-Европейском секторе.

Отклик на тот или иной тип циркуляции не обязательно следует мгновенно. Особенности циркуляции одного сезона могут сказаться через несколько месяцев. В [4, 12] показано, например, что аномалии интенсивности зональной циркуляции на изобарической поверхности 700 гПа и аномалии циклонической активности на арктическом фронте в январе и феврале вносят существенный вклад в формирование аномалий средней месячной, сезонной и средней годовой температур воздуха. Они определяют 51 % дисперсии средней годовой температуры, 39 % – температуры марта – декабря и 27 % – температуры июня – декабря. Такое асинхронное воздействие зимней циркуляции осуществляется через положительные обратные связи в системе атмосфера – подстилающая поверхность.

Естественно предположить, что связи, например, через температуру океанической поверхности, могут быть и более дальними. Это и нару-

шает синхронность в изменении индексов циркуляции и во временных рядах температуры и осадков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байдал М.Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебаний климата Казахстана. Ч. 1 и 2. – Л.: Гидрометеоиздат, 1964. – 446 с.
2. Виттельс Л.А. Магнитные бури как солнечный репер атмосферной циркуляции. // Бюллетень Комиссии по исследованию Солнца. – 1949. – № 1. – С. 3-8.
3. Воробьев В.И., Смирнов Н.П. Северо-Атлантическое колебание. – СПб.: Издательство РГГМУ, 2002. – 56 с.
4. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 488 с.
5. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Структура и изменчивость наблюдаемого климата. Температура воздуха Северного полушария. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 72 с.
6. Зверев И.И. Климатология и долгопериодная изменчивость годового хода температуры воздуха над Европой. // Метеорология и гидрология. – 2007. – № 7. – С. 18 – 24.
7. Изменение климата, 2001 г. Обобщенный доклад. Вклад рабочих групп I, II, и III в подготовку третьего доклада об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата. / Под редакцией Р.Т. Уотсона. – ВМО, МГЭИК, Женева. – 2003. – 522 с.
8. Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. Изменение глобального климата. Роль антропогенных воздействий. // Метеорология и гидрология. – 2001. – № 5. – С. 5 – 21.
9. Израэль Ю.А., Семенов С.М., Анисимов О.А. и др. Четвертый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата: вклад Рабочей группы II. // Метеорология и гидрология, 2007. – № 9. – С. 5 – 13.
10. Крыжов В.Н. Причины похолоданий в ноябре в 1980 – 1990-х годах на европейской территории России. // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 1. – С. 5 – 14.
11. Крыжов В.Н. Связь средней месячной, сезонной и годовой температур воздуха на севере России с индексами зональной циркуляции зимы. // Метеорология и гидрология. – 2003. – № 2. – С. 15 – 28.

12. Нахутин А.И. Дискуссия о пересмотренных оценках аномалий температуры в Северном полушарии в период 1400 – 1980 гг. // *Метеорология и гидрология*. – 2004. – № 12. – С. 90 – 93.
13. Нестеров Е.С. О фазах североатлантического колебания. // *Метеорология и гидрология*. – 2003. – № 1. – С. 64 – 74.
14. Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Особенности проявления современного потепления климата в тропосфере Атлантико-Европейского региона. // *Метеорология и гидрология*. – 2004. – № 2. – С. 38 – 47.
15. Сидоренков Н.С., Свиренко П.И. Многолетние изменения атмосферной циркуляции и колебания климата в первом естественном синоптическом районе. // *Тр. Гидрометцентра СССР*. – 1991. – Вып. 316. – С. 93 – 105.
16. Токарев В.Г. Об изменчивости и аномальности средней сезонной температуры воздуха в первую половину лета в Западной Сибири. // *Тр. ЗапСибНИГМИ*. – 1983. – Вып. 59. – С. 20 – 26.
17. Угрюмов А.И., Харьковская Н.В. Современные изменения климата Санкт-Петербурга и колебания циркуляции атмосферы. // *Метеорология и гидрология*. – 2008. – № 1. – С. 24 – 30.
18. Хохлов В.Н. Количественное описание изменения климата Европы во второй половине 20 века. // *Украинский гидрометеорологический журнал*. – № 2. – 2007. – С. 35 – 42.
19. Шерстюков Б.Г. Сезонно-широтные особенности парникового эффекта на территории России. // *Метеорология и гидрология*. – 2007. – №12. – С. 21 – 28.
20. Barnston A.J. and Livezey R.E. Classification, seasonality and persistence of low – frequency atmospheric circulation patterns. – *Mon. Wea. Rev.* 1987, vol. 115, pp. 1083 – 1126.
21. *Climate change 2007: The Physical science basis – contribution of working group I to the IPCC Fourth Assessment report, 2007.*
22. *Climate Change 1995: The Science of climate change. Contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on Climate Change. I. T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Rattenberg, K. Masrell (ed.). – Cambridge, Cambridge University Press. 1995, 572 p.*
23. *Climate Change, 2001. The Scientific Basis. Contribution of working group I to the Third assessment report of the intergovernmental panel on Climate*

Change./ Houton J. T., Ding Y., Grigas D.J., et. al. (eds.). – Cambridge, Cambridge University Press, 2001, 944 p.

24. Clivar, 1995: Study of climate Variability and Predictability. Science pbn: WCRP – 89, Wmo/ TD – NO/ 690. – Jeneva. Suitrerland, 1995, 157 p.

25. Hurrell J.W., Kushnir Y/ Ottersen E/ and Visbec M. The north Atlantic oscillation climate significance and environmental impact. – geophysical monograph., 2003, vol. 134, doi: 10.1029 / 134 GMO1.

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата.

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

**ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ ТЕМПЕРАТУРА МЕН ЖАУЫН-
ШАШЫННЫҢ УАҚЫТТЫҚ ҚАТАРЫНДА АТЛАНТТЫҚ-
ЕУРОПАЛЫҚ СЕКТОРЫНА АРНАЛҒАН ЦИРКУЛЯЦИЯ
ИНДЕКСТЕРІНІҢ БАЙҚАЛУЫ**

Геогр. ғылымд. канд. А.В. Чередниченко

Қазақстан аумағындағы температура мен жауын-шашынның уақыттық қатары мен бірінші табиғи синоптикалық НОА, ЗОН аудандарының циркуляция индексі арасындағы қатынасы бір жағынан, сонымен қатар Багрова және Токарева параметрлері келесі жағынан талданды. Жақсы қатынастың бар екені анықталды, әсіресе үлкен аномалиялар үшін. Сонымен қатар, қатынасты жақсарту үшін әсіресе қысқы мерзімде байқалатын Сібір антициклонының әсерін ескеру қажет. Жалпы циркуляция индекстерімен қатынастардың тереңдетілген талдауының маңыздылығы көрсетілген.

УДК 551.5(476)

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ
ПОВТОРЯЕМОСТИ ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИИ**Доктор геогр. наук А.А. Волчек
И.Н. Шпока

В работе рассмотрено изменение числа дней с гололедно-изморозевыми отложениями на территории Беларуси и особенности их формирования за период с 1975 по 2008 гг. по 47 станциям. Выполнен анализ пространственно-временной изменчивости числа дней с гололедно-изморозевыми отложениями, выделены зоны гололедно-изморозевой активности, дана оценка влияния различных ландшафтов на распределение гололеда и изморози по территории Беларуси.

Гололед – слой плотного льда (матового или прозрачного), нарастающего на поверхности земли и на предметах преимущественно с наветренной стороны, от намерзания капель переохлажденного дождя или мороси. Обычно наблюдается при температуре от 0 до -3 °С, реже при более низких, до -16 °С. Корка намерзшего льда может достичь толщины нескольких сантиметров и вызвать обламывание сучьев, обрыв проводов и т.д. [8]. Гололед образуется в результате адвекции теплого и влажного воздуха. Различают внутримассовый и фронтальный гололед. Благоприятные условия для образования внутримассового гололеда создаются тогда, когда достаточно мощная слоистая облачность располагается не только под инверсией, но и в самом слое инверсии, а температура в нем должна достигать до положительных значений. Фронтальный гололед, как правило, наблюдается перед теплым фронтом, в зоне выпадения переохлажденного дождя. Значительные контрасты температуры между воздушными массами по обе стороны фронта являются главной особенностью фронтального гололеда. Чаще всего он наблюдается при выходе циклонов с юга.

Изморозь – отложения льда на ветвях деревьев, проводах и т.п. при тумане в результате сублимации водяного пара – кристаллическая изморозь, а намерзание капель переохлажденного тумана – зернистая изморозь [8]. В отличие от гололедных отложений, образование изморози происходит главным образом в антициклонических областях.

Кристаллическая изморозь образуется в результате радиационного охлаждения нижних слоев воздуха в однородных антициклонических образованиях. Такая изморозь возникает, как правило, в понижениях, вблизи больших водоемов, способствующих увлажнению воздуха. Кристаллическая изморозь состоит из кристалликов льда, нарастающих главным образом на наветренной стороне при слабом ветре и температуре ниже -15°C . Она легко осыпается при встряхивании. Длина кристалликов обычно не превышает 1 см, но может достигать и нескольких сантиметров.

Зернистая изморозь формируется в антициклонических образованиях, там, где на фоне повышенного давления проходят слабо выраженные фронты. Как правило, имеет место такое явление как гололедно-изморозевые отложения, о которых говорилось выше. Зернистая изморозь – снеговидный, рыхлый лед, нарастающий с наветренной стороны предметов в туманную, преимущественно ветреную погоду, особенно в горах [8].

Изморозь нарастает в виде рыхлых белых кристаллов на ветвях деревьев, на хвое, проводах, проволочных изгородях и других тонких предметах. В отличие от инея, изморозь нарастает при значительных морозах и, как правило, при тумане. Капли тумана при переохлаждении замерзают при соприкосновении с предметами и дают начало образованию длинных кристаллов.

Гололедно-изморозевые отложения считаются опасным явлением тогда, когда диаметр гололеда на проводе гололедного станка достигает 20 мм и более, смешанные отложения (т.е. отложения гололеда и изморози или мокрого снега) составляет 35 мм и более. Механизмы образования гололедно-изморозевых отложений изучены недостаточно.

Целью настоящей работы является анализ пространственно-временных изменений количества дней с гололедно-изморозевыми отложениями на территории Беларуси в современных условиях. Основой для анализа гололедно-изморозевых отложений послужила статистическая информация, приводимая в метеорологических ежемесячниках Государственного комитета по гидрометеорологии Республики Беларусь, Республиканского гидрометеорологического центра за период 1975...2008 гг. по 47 метеорологическим станциям и справочник по стихийным гидрометеорологическим явлениям [1, 5].

Пространственная изменчивость числа дней с гололедом и изморозью оценивалась путем их картографирования. Временные ряды количества дней в году с гололедно-изморозевыми отложениями исследовались с помощью стандартных статистических методов. Для получения обеспе-

ченных величин числа дней с гололедом и изморозью использовано распределение Пирсона III типа и соотношение

$$N_{p\%} = N_{cp} (\Phi_{p\%} \cdot C_v + 1), \quad (1)$$

где $N_{p\%}$ – число дней с явлением расчетной обеспеченности; N_{cp} – среднее число дней с явлением; $\Phi_{p\%}$ – число Фостера расчетной обеспеченности; C_v – коэффициент вариации.

Трансформация количества дней с гололедом и изморозью оценивалась по результатам анализа графиков хронологического годового хода, разностных интервальных кривых и линейных трендов. Тенденция изменения числа дней с явлением в году определялась с помощью линейных трендов

$$N = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot t, \quad (2)$$

где N – количество дней с явлением в году; α_0 , α_1 – эмпирические коэффициенты; t – текущая координата времени.

Степень опасности наземного обледенения характеризуется общей толщиной льда, образующегося за время его нарастания. Для оценки интенсивности обледенения используется специальная шкала (таблица 1) [4]. Чем дольше продолжается выпадение переохлажденного дождя, мороси или прохождение адвективного тумана, тем больше будут гололедные отложения.

Таблица 1

Характеристика степени опасности наземных обледенений, [4]

Явление	Характеристика	Величина отложения (мм)
Гололед	слабый	< 5
	умеренный	5...20
	сильный	20...50
	очень сильный	> 50
Зернистая изморозь, обладающая несколько меньшей, чем гололед, плотностью	слабый	< 15
	умеренный	15...20
	сильный	50...100
	очень сильный	> 100
Смеси, являющиеся промежуточным по плотности образования	слабый	< 10
	умеренный	10...35
	сильный	35...75
	очень сильный	> 75

Гололедно-изморозевые отложения могут приводить к значительным экономическим ущербам. В качестве примера можно привести события 21 декабря 1984 г., когда территория республики находилась на западной периферии активного антициклона с центром над южным Уралом, по пери-

фери которого, через западные районы республики, проходил малоподвижный фронтальный раздел, ориентированный с севера на юг. Во второй половине дня в Сморгонском и Ошмянском районах Гродненской области отмечался гололед, диаметр отложения льда был от 32...35 до 50...52 мм. В результате большой нагрузки, сломано 16 опор и наблюдался обрыв проводов. По данным метеостанции Новогрудок 23 декабря с 19 ч 30 мин до 13 ч 24 декабря наблюдалось очень сильное сложное отложение льда. Толщина отложения достигла 37 мм. Продолжительность нарастания – 17 ч 30 мин. Это вызвало около 50 обрывов линий электропередач, сломало 11 опор радиопередач, по электросети повреждения оказались незначительными [6]. Помимо климатических факторов, важное значение при образовании гололедно-изморозевых отложений играет форма рельефа (Новогрудская и Сморгонская возвышенности).

Пространственная структура распространения числа дней с гололедно-изморозевыми отложениями представлена на рис. 1. Чаще всего данное явление отмечается на территории Новогрудской и Оршанской возвышенностей, а также в ряде районов южной части Полесья (Лельчицы, Житковичи, Брагин, юго-запад Гомельского района).

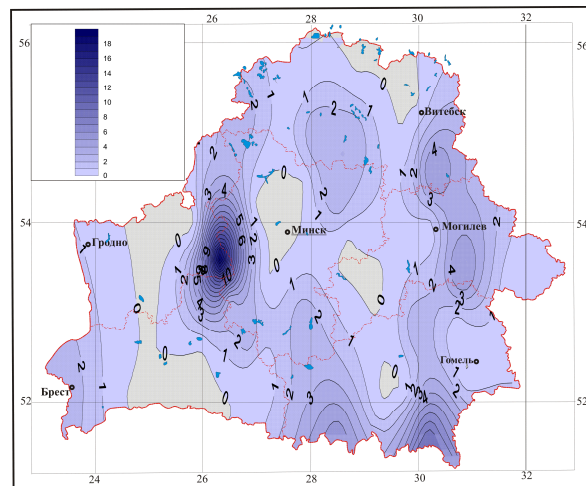


Рис. 1 – Пространственное распределение повторяемости (% от общего числа лет) с гололедно-изморозевыми отложениями на территории Беларуси.

Повторяемость гололедно-изморозевых отложений хотя бы в одном из пунктов области – в 15 % лет. Как опасное метеорологическое явление – сильные гололедно-изморозевые отложения в Минской области регистрируются 1 раз в 17 лет, в Брестской, Витебской, Могилевской об-

ластях - 1 раз в 11 лет, 1 раз в 5 лет – в Гомельской области, 1 раз в 4 года – в восточной части Гродненской области.

Гололедно-изморозевые отложения как опасное явление отсутствуют более чем в 90 % дней в году (таблица 2). От 1 до 5 дней в году с опасными отложениями отмечается в 1 % лет, от 4 до 7 дней – в 0,6 %, 12 дней в году – 0,5 % лет. На востоке Гродненской области это опасное метеорологическое явление отмечается чаще, чем в других областях. В Минской и Брестской областях гололедно-изморозевые отложения как опасное метеорологическое явление отсутствуют в исследуемом ряду лет.

Таблица 2

Повторяемость лет с различным числом дней в году с гололедно-изморозевыми отложениями в среднем по пункту, %

Область	Число дней в году												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Витебская	99	0,3	0,3		0,5	0,3							
Минская	99	0,4			0,4								
Гродненская	95	1,2	1,2	1,2		0,6		0,6					
Могилевская	98	0,5			0,5								0,5
Брестская	99	0,4	0,4			0,4							
Гомельская	98	0,3	1,6		0,3								

Влияние рельефа на повторяемость гололедно-изморозевых отложений представлено в табл. 3 и 4. Чаще всего они наблюдаются на возвышенной части территории Беларуси, реже – на равнинной. На возвышенностях северной и центральной части республики явление регистрируется в среднем в 1,7 годах, на равнинной части республики – 0,1 года, в южной части Полесья – 0,6 годах. Количество гололедно-изморозевых отложений не зависит от долготы местности, но несколько убывает с севера на юг.

Таблица 3

Количество лет с гололедно-изморозевыми отложениями в северной и центральной части территории Беларуси

Равнина			Возвышенность		
метеостанция	высота пункта, м	число лет с явлением	метеостанция	высота пункта, м	число лет с явлением
Гродно	117	0	Лепель	173	1
Верхнедвинск	132	0	Орша	186	2
Шарковщина	130	0	Борисов	188	1
Полоцк	132	0	Могилев	190	0
Нарочь	170	0	Горки	200	1
Столбцы	172	0	Минск	222	0
Слуцк	172	1	Новогрудок	278	7
Среднее	146,4	0,1	Среднее	205,3	1,7

Таблица 4

Число дней с гололедно-изморозевыми отложениями в Полесье

Метеостанция	Высота пункта, м	Число дней
Брагин	114	3
Житковичи	135	1
Гомель	138	0
Василевичи	139	0
Октябрь	141	0
Брест	141	0
Полесская	141	0
Лельчицы	141	2
Ивацевичи	153	0
Ганцевичи	157	1
Пружаны	159	0
Мозырь	162	0
Высокое	163	1
Среднее	144,9	0,6

Годовой ход гололедно-изморозевых отложений представлен в табл. 5. Мы можем видеть, что данное явление чаще всего отмечается с ноября по апрель. Особенно часто оно наблюдается в ноябре – декабре – 45 и 59 % от общего числа дней с явлением. В среднем в 27 % дней отмечаются гололедно-изморозевые отложения в январе и феврале.

Таблица 5

Годовой ход гололедно-изморозевых отложений (повторяемость, %, от общего числа дней с явлением)

Область	Месяц					
	1	2	3	4	11	12
Витебская		16			84	
Минская	40					60
Гродненская	25	8	4		29	34
Могилевская	18					82
Брестская	25	62			13	
Гомельская		20	13	13	54	
Среднее	18	18	3	2	30	29

В январе эти явления чаще отмечаются в Минской области – в 40 % случаев от общего числа дней с явлением, несколько реже в Гродненской и Брестской областях – 25 %, и в Могилевской области – 18 %. В феврале гололедно-изморозевые отложения отмечаются значительно чаще в Брестской области – в 62 % от общего числа дней, реже в Гомельской и Витебской областях (20 и 16 %, соответственно), очень редко в Гродненской области (8 %), отсутствуют данные явления в Минской и Могилевской областях. В марте гололедно-изморозевые отложения отмечаются только в Гомельской (13 % от общего числа дней) и Гродненской областях

(4 %). Очень редко отложения носящие характер опасного метеорологического явления отмечаются в апреле, и только в Гомельской области (13 % от общего числа дней).

Рассмотрим пространственно-временные изменения распределения гололеда и изморози в отдельности.

Гололед. Образование гололеда приводит к различного рода последствиям. В качестве примера можно привести события в первой половине ноября 2003 г.. Территория Республики Беларусь находилась в области высокого давления, на большей её части отмечались туманы и выпадали морозящие осадки, а когда ночные температуры начали понижаться до $-3...-8$ °С началось отложение изморози. Величина отложений 15 ноября достигла местами 17...25 мм, на М Новогрудок – 34 мм. При морозящих осадках 16 ноября отмечались сложные гололедно-изморозевые явления, когда территория республики находилась под влиянием гребня антициклона, центр которого был над Средней Азией. В отдельных районах Гродненской области эти явления имели значение опасного гидрометеорологического явления: на М Новогрудок – 39 мм, в Ошмянском районе 95 мм. Наблюдался обрыв линий электропередач 330 кВ Вильнюс – Молодечно [7].

Пространственное распределение гололеда представлено на рис. 2.

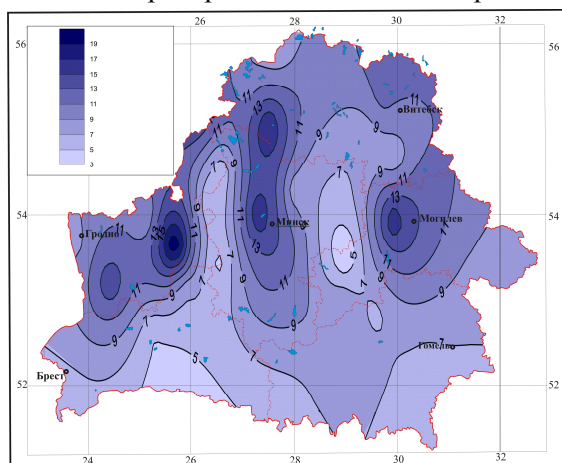


Рис. 2. Средние годовые значения числа дней с гололедом на территории Республики Беларусь.

Чаще всего гололед наблюдался на востоке Гродненской области, в центральной части Минской и на юге Витебской области. Выделяется также район центральной части Могилевской области.

Первым в современной волне потепления климата был 1988 г.. Поэтому, для оценки его влияния на гололедные явления исходные данные

разбили на 2 периода: первый – 1975...1987 гг., второй – 1988...2008 гг. Как показал анализ, среднее количество дней в году с гололедом, приходящимся на одну метеостанцию (за 30-летний период), составляет 9,5 дней (табл. 6). В период 1975...1987 гг. отмечалось в среднем около 8,5 дней, в период 1988...2008 гг. – 10,0 дней.

Таблица 6

Основные статистические параметры числа дней с гололедом

Метеостанция	Среднее за период			C_v	Обеспеченность, %				
	1975...2008	1975...1987	1988...2008		1	5	10	20	50
Верхнедвинск	6,6	4,9	7,6	0,5	14,3	12,1	10,9	9,4	6,6
Езерище	12,1	10,2	13,3	0,4	23,8	20,4	18,6	16,4	12,1
Полоцк	10,7	8,5	12,1	0,4	19,8	17,2	15,8	14,0	10,7
Шарковщина	9,7	8,3	10,6	0,3	16,8	14,8	13,7	12,3	9,7
Витебск	12,1	12,3	11,9	0,4	24,3	20,8	18,9	16,6	12,1
Лынтупы	16,4	16,7	16,2	0,3	28,8	25,3	23,3	20,9	16,4
Лепель	9,7	8,5	10,5	0,4	18,6	16,1	14,7	13,0	9,7
Докшицы	17,1	15,8	17,8	0,4	30,9	26,9	24,8	22,1	17,1
Сенно	7,4	5,4	8,7	0,5	16,1	13,6	12,2	10,6	7,4
Березинский заповедник	9,5	7,3	10,8	0,5	20,4	17,3	15,6	13,5	9,5
Орша	7,4	6,1	8,3	0,6	17,8	14,8	13,2	11,2	7,4
Вилейка	5,6	7,5	4,4	0,7	14,2	11,8	10,4	8,8	5,6
Борисов	8,1	8,8	7,7	0,5	17,2	14,6	13,2	11,4	8,1
Воложин	5,1	6,3	4,4	0,9	15,8	12,7	11,0	9,0	5,1
Минск	16,4	15,3	17,0	0,3	29,2	25,5	23,5	21,1	16,4
Колодищи	13,2	8,6	16,0	0,7	32,9	27,3	24,2	20,4	13,2
Березино	8,8	10,6	7,7	0,5	19,5	16,4	14,8	12,7	8,8
Марьина Горка	12,3	9,7	13,9	0,4	23,6	20,4	18,6	16,4	12,3
Столбцы	4,6	3,9	5,1	0,9	13,9	11,2	9,8	8,0	4,6
Слуцк	10,4	9,2	11,1	0,5	21,6	18,4	16,7	14,5	10,4
Ошмяны	10,9	8,8	12,1	0,5	22,7	19,3	17,5	15,2	10,9
Лида	9,4	5,9	11,6	0,5	20,0	17,0	15,3	13,3	9,4
Гродно	9,4	5,5	11,9	0,7	24,3	20,0	17,7	14,8	9,4
Новогрудок	21,5	22,9	20,6	0,5	45,2	38,4	34,7	30,2	21,5
Волковыск	14,6	11,0	16,8	0,4	28,0	24,2	22,1	19,5	14,6
Горки	12,2	12,6	11,9	0,4	23,7	20,4	18,6	16,4	12,2
Могилев	16,1	20,5	13,5	0,5	33,5	28,5	25,8	22,5	16,1
Кличев	2,9	2,6	3,0	0,8	8,5	6,9	6,0	4,9	2,9
Славгород	4,9	3,2	6,0	1,0	16,3	13,0	11,2	9,1	4,9
Костюковичи	8,3	6,4	9,5	0,5	18,6	15,7	14,0	12,1	8,3
Бобруйск	8,8	9,6	8,2	0,6	20,3	17,0	15,2	13,0	8,8
Барановичи	7,9	6,4	8,8	0,4	15,9	13,6	12,3	10,8	7,9
Ганцевичи	6,7	5,5	7,5	0,6	15,2	12,7	11,4	9,8	6,7
Ивацевичи	5,6	2,9	7,2	0,7	14,1	11,7	10,3	8,7	5,6
Пружаны	16,8	13,6	18,8	0,5	35,0	29,7	26,9	23,4	16,8

Метеостанция	Среднее за период			C_v	Обеспеченность, %				
	1975...2008	1975...1987	1988...2008		1	5	10	20	50
	Высокое	12,4	13,2		12,0	0,4	23,5	20,3	18,6
Полесская	5,2	2,4	7,0	0,8	15,2	12,4	10,8	8,9	5,2
Пинск	4,3	3,8	4,6	1,0	14,0	11,2	9,7	7,8	4,3
Брест	6,7	7,2	6,3	0,6	16,6	13,7	12,2	10,3	6,7
Жлобин	6,8	6,2	7,1	0,6	16,0	13,4	11,9	10,2	6,8
Октябрь	8,1	6,2	9,2	0,5	16,7	14,2	12,9	11,2	8,1
Гомель	6,2	7,2	5,6	0,6	15,2	12,6	11,2	9,5	6,2
Василевичи	8,7	7,5	9,5	0,5	18,5	15,7	14,2	12,3	8,7
Житковичи	6,8	7,1	6,6	0,5	14,3	12,2	11,0	9,5	6,8
Мозырь	8,8	7,7	9,5	0,5	19,1	16,2	14,5	12,6	8,8
Лельчицы	5,4	5,8	5,1	0,7	14,2	11,7	10,3	8,6	5,4
Брагин	6,1	4,6	7,0	0,6	15,1	12,5	11,1	9,4	6,1
Среднее	9,5	8,5	10,0	0,6	20,4	17,3	15,6	13,5	9,5

На рис. 3 показана временная изменчивость гололедных образований по республике в целом (3а) и по большим и малым городам и другим населенным пунктам Беларуси (3б).

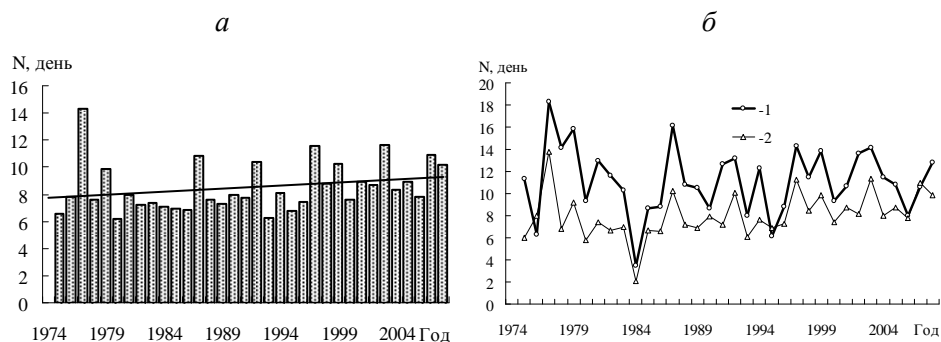


Рис. 3. Многолетние изменения среднегодового количества дней с гололедом (а – по всей республике, б – по большим и малым городам (1) и другим населенным пунктам(2)).

На рис. 3а видно незначительное увеличение количества дней с гололедом. Минимум гололедных явлений приходился на 1980-е года, максимум – на вторую половину 1970-х годов и последние годы современного потепления (1997...2008 гг.). Однако в период современного потепления далеко не на всех станциях отмечается рост числа дней с гололедом. Так, на метеостанциях Вилейка, Борисов, Воложин, Березино, Новогрудок, Горки, Могилев, Высокое, Брест, Гомель, Житковичи и Лельчицы отмечается некоторое уменьшение числа дней с гололедом (табл. б). В больших городах

среднее количество дней с гололедом в большинстве рассмотренных лет выше, чем в малых городах и других населенных пунктах (рис. 3б).

Годовой ход гололедных явлений представлен на рис. 4. Как видим, ежегодно гололед отмечается на территории республики с ноября по февраль. В ноябре в среднем отмечается 1,2 дня с гололедом, в декабре – 3,1, январе – 2,2, феврале – 1,4. Реже отмечается данное явление в марте (0,4 дня), апреле (0,2), сентябре (0,1), октябре (0,1). В отдельные годы гололед отмечается в мае, в среднем 0,1 дня. В январе, апреле и ноябре наблюдаются положительные тренды количества дней с гололедом, в марте в период современного потепления климата даже понизилось, а в остальные месяцы года каких-либо четких изменений не просматривается.

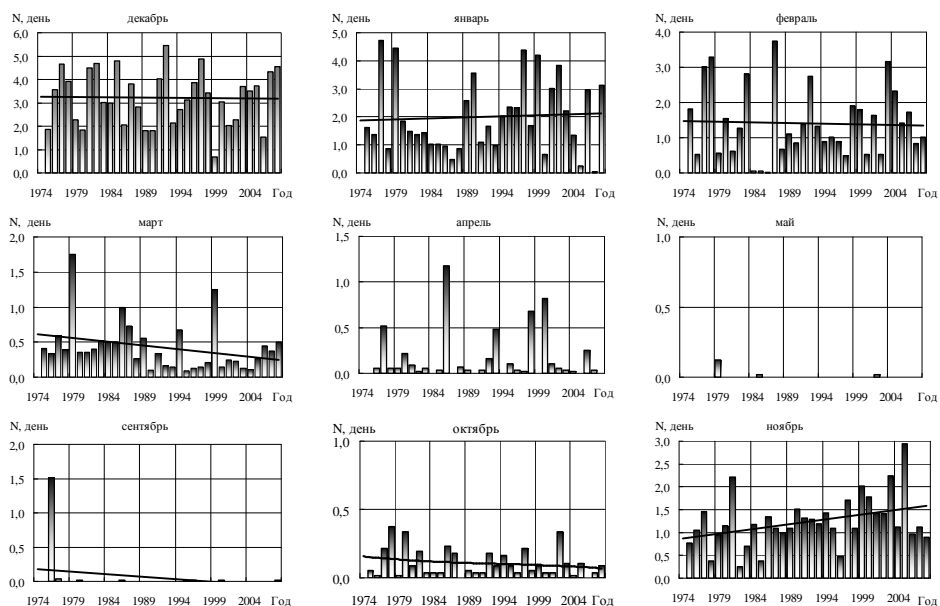


Рис. 4. Многолетние изменения количества дней с гололедом в отдельные месяцы на территории Беларуси.

Какого-либо четкого соответствия в изменении гололедных явлений и температуры воздуха в указанные месяцы нет, хотя некоторая тенденция к синхронному характеру изменений указанных процессов за последние тридцать лет в отдельные месяцы года просматриваются.

Количество дней с гололедом незначительно, максимум пришелся на 1977 год, минимумы – на 1984, 1993 года. Ежегодно гололед на территории республики отмечается с ноября по февраль. В ноябре в среднем отмечается 1,2 дня с гололедом, в декабре – 3,1, январе – 2,2, феврале –

1,4, реже – в марте (0,4 дня), апреле (0,2 дня), сентябре (0,1), октябре (0,1 дня). В отдельные годы гололед отмечается в мае месяце.

Изморозь может быть опасным метеорологическим явлением. С 7 по 11 января 2006 г. в республике при умеренно морозной погоде, на большей части территории, наблюдалась изморозь, местами слабые гололеды, в отдельных районах отмечались гололедно-изморозевые отложения. Сложные отложения достигли значений опасного гидрометеорологического явления 10 января в период с 03:38 до 16:30 на М Докшицы (39 мм) и 12...13 января на М Новогрудок с 19:20 до 13:20 – 62 мм [2].

На северо-востоке в районе Оршанско-Могилевской равнины, Смоленской и Оршанской возвышенностей данное явление отмечается чаще всего – около 20 дней за год, реже на юго-востоке (Мозырское и Гомельское Полесье), западе (Гродненская возвышенность) и востоке (Новогрудская возвышенность) Гродненской области – около 8...10 дней.

Как отмечают многие авторы, начиная с 1988 г. наблюдается рост среднегодовой температуры воздуха, как в теплый, так и в холодный период, и не только в Беларуси [3]. Что бы оценить влияние потепления климата на повторяемость изморози, исходный временной ряд был разбит на два периода: 1975...1987 гг. и 1988...2008 гг. Для этих периодов определялись средние значения числа дней в году с изморозью и сравнивались с помощью t-критерия Стьюдента. Пространственное распределение среднего годового количества дней с изморозью представлено на рис. 5.

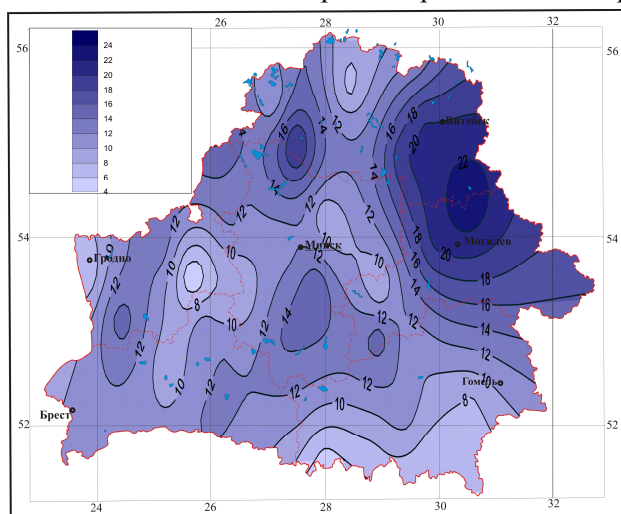


Рис. 5. Пространственное распределение среднего годового количества дней с изморозью на территории Беларуси.

Анализ изменчивости числа дней с изморозью за 30-летний период наблюдений показал уменьшение количества дней с изморозью по всей территории республики (табл. 7, рис. 6а). В больших городах среднее количество дней с изморозью в подавляющем числе рассмотренных лет выше, чем в малых городах и других населенных пунктах (рис. 6б). Такая тенденция отмечалась раньше для числа дней с туманами, что говорит об общей причине изменений.

Таблица 7

Основные статистические параметры числа дней с изморозью в Беларуси

Метеостанция	Среднее за период			C_v	Обеспеченность, %				
	1975...2008	1975...1987	1988...2008		1	5	10	20	50
Верхнедвинск	12,9	13,9	11,9	0,4	24,9	21,4	19,5	17,2	12,9
Езерище	11,7	14,8	8,5	0,6	27,9	23,1	20,6	17,5	11,7
Полоцк	19,1	17,8	20,4	0,5	41,4	34,8	31,3	27,1	19,1
Шарковщина	10,1	10,6	9,6	0,6	24,2	20,0	17,9	15,2	10,1
Витебск	20,7	25,4	16,0	0,5	44,8	37,7	33,9	29,4	20,7
Лынтупы	17,7	21,8	13,6	0,4	34,2	29,3	26,8	23,6	17,7
Лепель	13,8	17,8	9,7	0,5	29,8	25,0	22,6	19,5	13,8
Докшицы	21,9	24,5	19,2	0,4	42,2	36,2	33,0	29,2	21,9
Сенно	10,7	14,6	6,8	0,6	25,7	21,2	18,9	16,1	10,7
Березинский заповедник	27,2	30,6	23,8	0,5	58,9	49,5	44,6	38,6	27,2
Орша	12,7	15,1	10,3	0,6	30,5	25,2	22,5	19,1	12,7
Вилейка	13,0	17,3	8,6	0,6	31,1	25,7	22,9	19,5	13,0
Борисов	9,1	13,4	4,8	0,8	26,1	21,0	18,4	15,2	9,1
Воложин	13,1	16,3	9,9	0,5	28,4	23,8	21,5	18,6	13,1
Минск	11,2	14,7	7,7	0,6	26,9	22,2	19,8	16,8	11,2
Колодищи	15,5	15,5	15,4	0,6	37,0	30,7	27,3	23,2	15,5
Березино	10,9	16,5	5,2	0,8	31,1	25,1	22,0	18,1	10,9
Марьино Горка	17,4	21,8	12,9	0,5	37,6	31,6	28,5	24,6	17,4
Столбцы	7,9	8,2	7,6	0,7	20,8	17,0	15,0	12,5	7,9
Слуцк	14,9	16,6	13,1	0,5	32,2	27,0	24,4	21,1	14,9
Ошмяны	11,2	13,7	8,7	0,7	29,5	24,1	21,2	17,8	11,2
Лида	13,3	13,8	12,8	0,6	31,9	26,4	23,5	20,0	13,3
Гродно	6,0	4,4	7,6	0,8	17,2	13,9	12,1	10,0	6,0
Новогрудок	21,2	22,7	19,7	0,5	45,9	38,6	34,8	30,1	21,2
Волковыск	15,3	15,2	15,3	0,6	36,6	30,3	27,0	22,9	15,3
Горки	25,3	32,8	17,7	0,4	48,8	41,8	38,2	33,7	25,3
Могилев	21,2	26,6	15,7	0,5	45,8	38,5	34,7	30,0	21,2
Кличев	8,2	10,3	6,1	0,6	19,7	16,3	14,5	12,3	8,2
Славгород	12,4	16,8	8,0	1,0	41,3	32,7	28,3	22,8	12,4
Костюковичи	16,5	19,1	13,9	0,5	35,7	30,0	27,1	23,4	16,5
Бобруйск	16,1	21,8	10,4	0,6	38,6	31,9	28,5	24,2	16,1

Метеостанция	Среднее за период			C_v	Обеспеченность, %				
	1975...2008	1975...1987	1988...2008		1	5	10	20	50
	Барановичи	11,9	15,1		8,6	0,6	28,4	23,5	21,0
Ганцевичи	13,1	18,4	7,7	0,7	34,3	28,0	24,7	20,7	13,1
Ивацевичи	8,4	9,0	7,8	0,5	18,2	15,3	13,8	11,9	8,4
Пружаны	13,1	12,9	13,3	0,5	28,4	23,8	21,5	18,6	13,1
Высокое	15,5	15,3	15,7	0,5	33,6	28,2	25,4	22,0	15,5
Полесская	12,7	11,8	13,6	0,6	30,5	25,2	22,5	19,1	12,7
Пинск	7,8	11,2	4,3	0,8	22,2	17,9	15,7	13,0	7,8
Брест	11,1	13,4	8,8	0,6	26,6	22,0	19,6	16,7	11,1
Жлобин	11,4	16,5	6,3	0,7	30,0	24,5	21,6	18,1	11,4
Октябрь	8,6	10,4	6,7	0,6	20,5	17,0	15,1	12,9	8,6
Гомель	8,1	10,1	6,0	0,6	19,3	16,0	14,2	12,1	8,1
Василевичи	12,2	15,4	9,0	0,6	29,3	24,2	21,6	18,3	12,2
Житковичи	10,9	13,6	8,2	0,7	28,7	23,4	20,7	17,3	10,9
Мозырь	9,1	12,6	5,6	0,7	23,9	19,5	17,3	14,5	9,1
Лельчицы	5,1	7,1	3,1	0,8	14,6	11,8	10,3	8,5	5,1
Брагин	6,5	6,6	6,4	0,7	17,1	14,0	12,3	10,3	6,5
Среднее	13,3	15,8	10,7	0,6	30,9	25,7	22,9	19,6	13,3

Примечание. Выделены статистически различимые величины среднего количества дней с изморозью для соседних временных периодов.

Если до 1987 г. отмечалось около 16 дней с изморозью, то в период современного потепления климата оно уменьшилось до 11. В отдельные годы число дней с изморозью отклоняется от средней величины. Так, в 1980 г. на М Березинский заповедник отмечалось 49 дней с изморозью, Докшицы – 37, Витебск – 36, Высокое – 32, Житковичи - 32 дня с явлением. С 1988 г. в среднем отмечалось около 9 дней (2000 г.: Березинский заповедник – 22 дня, Докшины – 16, Витебск – 15, Высокое – 11, Житковичи – 9).

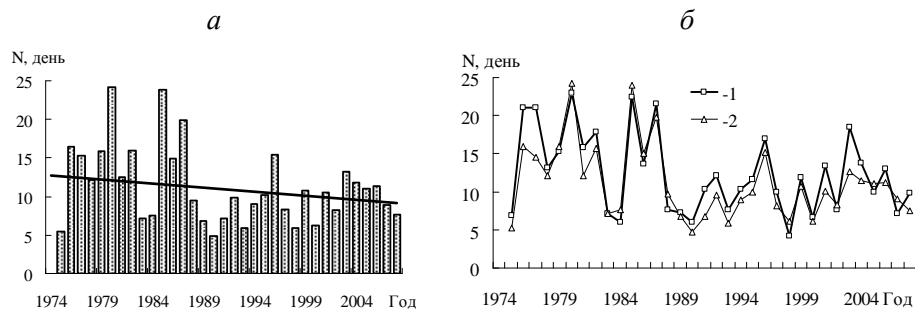


Рис. 6. Многолетние изменения среднего количества дней с изморозью. а – по всей Беларуси, б – по большим городам (1) и малым городам и другим населенным пунктам (2).

Об изменении числа дней с изморозью в различные месяцы года дает представление рис. 7. С ноября по март изморозь отмечается практически ежегодно. В последние годы отмечается тенденция в сторону уменьшения количества дней с изморозью. В зимние месяцы наблюдаются отрицательные тренды количества дней с изморозью, в ноябре – положительные. В ноябре в среднем отмечается около 0,9 дней с изморозью, в декабре – 3,4, январе – 3,2, феврале – 2,9 дня с явлением. В теплый период изморозь значительно реже регистрируется на территории республики: в марте – 1,1 дня, апреле – 0,05, мае – 0,1. В сентябре-октябре в отдельные годы изморозь отмечается, в среднем около 0,1 дня.

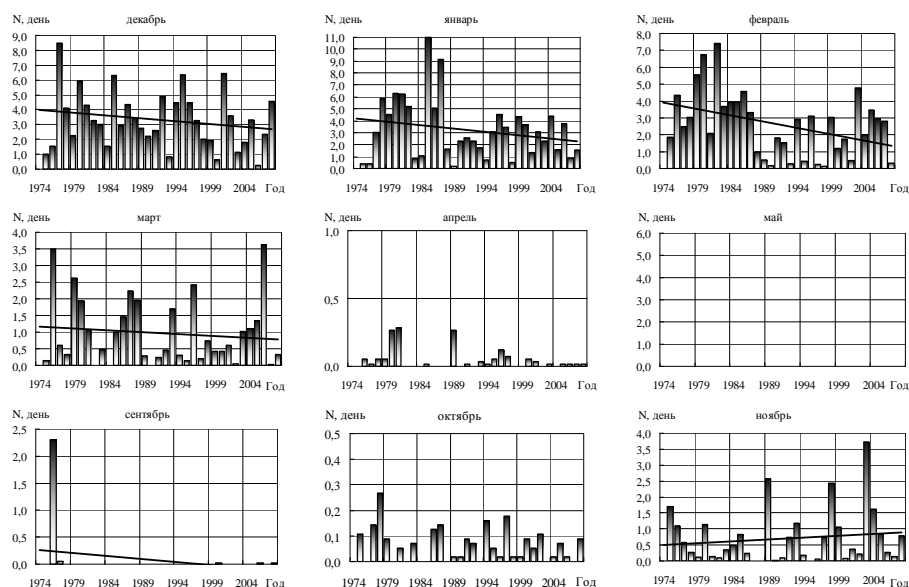


Рис. 7. Многолетние изменения количества дней с изморозью в различные месяцы года.

Уменьшение числа дней с изморозью согласуется с ростом температуры в холодное время года в последние два десятилетия. Среднегодовой ход изморозевых отложений по областям представлен в табл. 8.

Чаще всего изморозевые отложения наблюдаются в Могилевской и Витебской областях (в среднем 1,7 и 1,8 дней в году соответственно). В январе отмечается в среднем 3,7 дня с изморозевыми отложениями, чаще в Могилевской, Гродненской и Витебской областях (4,7; 4,3 и 4,2 дня соответственно). В феврале изморозь отмечается в среднем 2,9 дня, чаще всего изморозевые отложения регистрируются в Витебской области около 4,1 дня, Могилевской – 3,8, реже в Гомельской области – 1,8. В марте в среднем отмечается около 1,0 дня с изморозью, в Могилевской и Витебской облас-

тях это явление наблюдают чаще всего (1,6 и 1,5 дня соответственно), реже в Гомельской области – 0,6 дня. В апреле и мае изморозевые отложения достаточно редкое явление, в среднем отмечается 0,05 и 0,1 дня соответственно. В Минской и Гомельской областях в апреле наблюдается 0,02 дня с изморозью, чаще в Витебской области – 0,1 дня. В мае в Витебской и Брестской областях отмечается 0,2 и 0,1 дня с изморозью соответственно. В летние месяцы изморозевые отложения отсутствуют. В сентябре – ноябре изморозь отмечается достаточно редко - менее 0,1 дня с данным явлением. В сентябре чаще отмечается в Минской области – 0,1 дней, это несколько больше, чем в других областях республики; в октябре – в Могилевской области (0,1 дня), в ноябре – в Могилевской области (1,2 дня). В декабре в среднем отмечается 3,4 дня с изморозью. Как и в предыдущие месяцы чаще изморозевые отложения отмечаются в Могилевской и Витебской областях – 4,5 и 4,0 дня, реже в Гомельской области – 2,2 дня.

Таблица 8

Среднегодовой ход изморозевых отложений по областям

Область	Месяц									Год
	1	2	3	4	5	9	10	11	12	
Витебская	4,2	4,1	1,5	0,1	0,2	0,1	0,1	1,0	4,0	1,7
Минская	2,9	2,2	0,7	0,0	0,1	0,1	0,1	0,5	2,9	1,1
Гродненская	4,3	2,9	0,8	0,0	0,1	0,1	0,0	0,8	3,9	1,4
Брестская	3,3	2,6	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	2,8	1,2
Могилевская	4,7	3,8	1,6	0,1	0,1	0,1	0,1	1,2	4,5	1,8
Гомельская	2,7	1,8	0,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5	2,2	0,9
Среднее	3,7	2,9	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,8	3,4	1,3

Количество дней с изморозью по всей территории республики уменьшилось. Если до 1987 г. отмечалось около 15 дней в году с изморозью, то с 1988 г. – 9,2 дня. С ноября по март изморозь отмечается практически ежегодно. В зимние месяцы наблюдаются отрицательные тренды количества дней с изморозью, в ноябре – положительный. В ноябре в среднем отмечается около 0,9 дней с изморозью, в декабре – 3,4, январе – 3,7, феврале – 2,9 дня. В теплый период изморозь значительно реже регистрируется на территории республики: в марте – 1,04 дня, апреле – 0,05, мае – 0,1. В сентябре – октябре в отдельные годы изморозь отмечается, в среднем около 0,1 дня. На северо-востоке в районе Оршанско-Могилевской равнины, Смоленской и Оршанской возвышенностей изморозь отмечается чаще всего – около 20 дней в году, реже на юго-востоке (Мозырское и Гомельское Полесье), западе (Гродненская возвышенность) и востоке (Новогрудская возвышенность) Гродненской области – 8...10 дней.

Таким образом, выполненный комплексный анализ гололедно-изморозевых отложений на территории Республики Беларусь позволил установить пространственно-временные закономерности распределения числа дней с гололедом и изморозью, зависимость их повторяемости от высоты местности над уровнем моря, связи повторяемости гололедно-изморозевых отложений от потеплением климата. За последние годы увеличилось число дней с гололедными явлениями, но уменьшилось число дней с изморозью.

Чаще всего гололедно-изморозевые отложения отмечается на территории Новогрудской и Оршанской возвышенностях, Припятского, Мозырского и Гомельского Полесья, реже на равнинной территории республики. Повторяемость гололедно-изморозевых отложений хотя бы в одном из пунктов области – 15 % лет. Сильные гололедно-изморозевые отложения регистрируются в Минской области 1 раз в 17 лет, в Брестской, Витебской, Могилевской 1 раз в 11 лет, в Гомельской 1 раз в 5 лет, в Гродненской 1 раз в 4 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метеорологический ежемесячник/ Мин-во природ. ресурсов и охраны окруж. среды Респ. Бел. Республ. гидрометеорол. центр. Климатич. Кадастр Респ. Бел. – Ч. 2, № 1-13. – Минск. – 1975...2008 гг..
2. Обзор стихийных гидрометеорологических явлений и климатических особенностей Республики Беларусь в 2006 году / Государственный климатический кадастр. – Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Департамент по гидрометеорологии, Государственное учреждение «Республиканский гидрометеорологический центр»; ред. Д.А. Рябов. – Минск, 2007. – 40 с.
3. Попова В.В., Шмакин А.Б. Циркуляционные механизмы крупномасштабных аномалий температуры воздуха зимой в Северной Евразии в конце XX столетия // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 12. – С. 15 - 25.
4. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 492 с.
5. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: справочник / Мин-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь / Под ред. М.А. Гольберга – Минск : Белорусский научно-исследовательский центр Экология, 2002. – 132 с.
6. Технический обзор особо опасных гидрометеорологических явлений, наблюдавшихся на территории Белоруссии в 1984 году / Гос. комитет

- СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Бел. республ. управ. по гидромет. и контролю природной среды. Гидрометеорологический центр / Отв. ред. В.А. Аввакумов. – Минск, 1985. – 38 с.
7. [Технический отчет о сложных гололедных отложениях 14-17 ноября 2003 года \[Электронный ресурс\]. – Минск, 2003. – Режим доступа : http://meteoinfo.by/press/?page=11. – Дата доступа – 19.02.2009.](http://meteoinfo.by/press/?page=11)
8. Хромов С.П. Метеорологический словарь – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 568 с.

Брестский государственный технический университет. Беларусь, г. Брест

**БЕЛАРУС АУМАҒЫНДАҒЫ КӨКТАЙҒАҚ-ҚЫРАУ
ШӨГІНДІЛЕРІНІҢ ҚАЙТАЛАНУЫНЫҢ АУҚЫМДЫ-УАҚЫТ
АРАЛЫҚ ӨЗГЕРІСІ**

Геогр. ғылымд. докторы А.А. Волчек
И.Н. Шпока

Жұмыста Беларусь аумағындағы көктайғақ-қырау шөгінділері байқалған күндердің өзгеруі және олардың 47 станцияда 1975 жылдан 2008 жыл аралығындағы пайда болу ерекшеліктері қарастырылған. Көктайғақ-қырау шөгінділері байқалған күндердің ауқымды-уақыт аралық өзгеруіне талдау жасалынды, көктайғақ-қырау белсенді байқалған зоналар белгіленді, Беларусь аумағындағы көктайғақ пен қыраудың таралуына әртүрлі ланиафтардың әсері бағаланды.

УДК 551[507.362.2:577.38]574

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ В МОНИТОРИНГЕ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНАР.М. Илякова
П.К. Таплиял

Выполнен сравнительный анализ квази-синхронных данных о яркостной температуре и почвенной влаге, измеренных радиометром AMSR-E, находящегося на борту спутника AQUA, и данных о почвенной влаге и осадках семи метеорологических станций Казахстана: Комсомольское, Казыгурт, Дмитриевка, Аркалык, Аккум, Есиль, Казталовка за период май – август 2002...2007 гг. для оценки возможности использования спутниковых данных в мониторинге почвенной засухи. Использование яркостной температуры способствует улучшению мониторинга влажности почвы и раннему выявлению возможности возникновения засухи.

Космические исследования, включая спутниковые метеорологические исследования, относятся к числу достаточно новых направлений отечественной науки. Мониторинг засухи является одной из важнейших прикладных задач космического мониторинга для таких засушливых регионов, к которым относится Казахстан.

Главная задача космических методов исследований в метеорологии – получить необходимую первичную информацию об атмосферных процессах и явлениях, о состоянии земной поверхности и океана в планетарном масштабе и разработать методы использования этой информации для анализа и прогноза погоды, экологического состояния окружающей среды, изучения климата.

Применение микроволновой радиометрической аппаратуры на искусственных спутниках земли (ИСЗ) расширяет возможности спутниковой метеорологии, позволяя изучать состояние земной поверхности сквозь облачность, так как для распространения волн сантиметрового диапазона она не является препятствием.

В основе микроволнового исследования атмосферы с помощью ИСЗ лежит способность всех тел в природе излучать и поглощать энергию. С изменением температуры земной поверхности, ее влагосодержания

и других показателей ее состояния, в зависимости от наличия на ней воды, снега, осадков, количества растворенной в воде соли изменяются тепловые потоки, излучаемые от земной поверхности. Измеряя тепловые потоки высокочувствительной аппаратурой, работающей в диапазоне микроволн, можно судить о многих процессах, происходящих на поверхности океана, суши, в облаках и в атмосфере.

В последнее десятилетие преимущества технологий дистанционного сбора данных и их применение для решения экологических проблем, связанных с климатическими условиями, привели к разработке новых методов мониторинга засухи и связанных с ней ущербами сельскохозяйственному производству [2, 3].

Полярно-орбитальные спутники устанавливаются на циклических солнечно-синхронных орбитах. Они находятся на высотах от 700 до 800 километров с орбитальными периодами 98...102 мин. Спутники имеют метеорологическое и геофизическое значение из-за их глобального охвата с высоким разрешением. Они продолжают разрабатываться для низких орбит и для высоких широт. Орбитальная дорожка спутников (рис. 1) относительно поверхности Земли является следствием комбинации орбитальной плоскости спутника и вращения Земли. Стрелка указывает путь ИСЗ, более светлая полоса – зона охвата измерениями приборами спутника. Ширина сканирования до 3000 км (<http://aqua.nasa.gov/>).

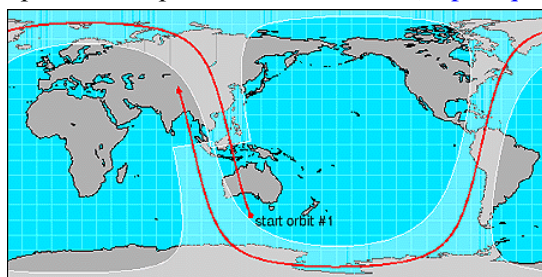


Рис. 1. Орбитальная дорожка полярных спутников наблюдения за окружающей средой [6].

Почвенная влага является важной агрометеорологической характеристикой. Оценка почвенной влаги на больших территориях очень важна в метеорологии, гидрологии и сельском хозяйстве. С помощью сверхвысокочастотного дистанционного зондирования можно получить информацию о почвенной влаге при практически любых погодных условиях и определить состояние почвы под умеренным растительным покровом (за исключением кустарниковой и лесной растительности). Способность датчика определять почвенную влагу основана на разнице в значениях диэлек-

трической постоянной для сухой (меньше 2,5) и влажной (выше 80) почв. Эта разница является причиной изменения коэффициентов излучения в пределах от 0,9 для сухой и менее 0,6 для насыщенной влагой почвы. В основу метода дистанционного радиометрического определения влажности почвы положено измерение мощности потока, восходящего от почвенного покрова, излучения в микроволновом диапазоне электромагнитных волн. Количественно мощность излучения характеризуется яркостной температурой (T_y – *Brightness Temperature*). С увеличением влажности почвы уменьшается значение яркостной температуры

$$T_y = \varepsilon T_s,$$

где T_y – яркостная температура; ε – коэффициент излучения поверхности; T_s – физическая температура поверхности [4]. Значения яркостной температуры зависят также от характеристик почвы, растительного покрова и шероховатости поверхности, но доминирующим фактором остается влажность почвы.

В настоящее время в Казахстане Институтом космических исследований МОН РК разработаны методы тематической обработки спутниковых данных, с помощью которых, начиная с 2002 года, Министерству сельского хозяйства РК оперативно поставляется информация о весенних запасах влаги в почве.

В данной работе были проанализированы данные яркостной температуры пассивного радиометра AMSR-E (6,9 ГГц) полярного спутника AQUA для территории Казахстана. AQUA был запущен NASA (National Aeronautics and Space Administration) в рамках Программы наблюдения за Землей (Earth Observation System (EOS)) 4 мая 2002 года и обращается на высоте 705 км. На борту спутника установлены шесть приборов, часть из которых предназначена для изучения свойств облачного покрова и определения температуры воды в морях, другая – для определения температуры атмосферы Земли и ее влажности (www.dvgu.ru/meteo/.../SatellitH.htm).

Радиометр AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer – EOS) является одним из шести приемников AQUA. Пассивный радиометр имеет 12 каналов и измеряет яркостные температуры уходящего (микроволнового) излучения Земли на частотах 6,9; 10,65; 18,7; 23,8; 36,5 и 89,0 ГГц при вертикальной и горизонтальной поляризации волн в полосе шириной 1450 км [5].

Данные AMSR-E распространяются в формате HDR в виде изображений и имеют систему координат EASE-GRID (Equal-Area Scalable

Earth Grid) и широко используются для оценки влажности почв. AMSR-E измеряет отраженное излучение земной поверхности в микроволновой области электромагнитного спектра, интенсивность которого характеризуется яркостной температурой (T_y), называемой также радиояркостью (radio brightness). Для расчета влажности почв, кроме температурной яркости, используется также диэлектрическая постоянная и температура поверхности почвы. Оптимальным диапазоном исследования влажности почвы является диапазон 1...10 ГГц. AMSR-E имеет канал на частоте 6,9 ГГц с грубым пространственным разрешением (около 50 км). Такое разрешение дает общую картину пространственного распределения влажности почвы, но не позволяет вести мониторинг этого показателя на относительно небольших по площади территориях.

В статье рассмотрены ежедневные спутниковые данные AMSR-E по яркостной температуре (T_y) и почвенной влаге; наземные данные семи станций Казахстана по осадкам и влаге в слое почвы 10 см за период май – август 2002...2007 гг. Использовались результаты дистанционного зондирования почвенной влаги за интервал времени суток с 18:00 до 06:00 часов, так как в это время влагосодержание и температура почвы меняются незначительно. В течение дневного времени температура поверхности почвы быстро меняется, и верхний слой почвы становится сухим независимо от влагосодержания нижних слоев. В результате поверхностный слой больше не взаимодействует с последующими нижними слоями почвы. Другой фактор – в ночное время происходят сравнительно небольшие изменения температуры поверхности почвы, в особенности в июне – августе, поэтому температура воздуха и поверхности почвы практически одинаковые. Это делает измерения T_y более чувствительными к излучению и уменьшает их зависимость от приземной температуры. С другой стороны, дневные наблюдения будут зависеть не только от физических характеристик и предыдущих условий, но также от характера высушивания и нагревания почвы в течение дня.

Низкие частоты наиболее чувствительны к влажности почвы и менее чувствительны к растительному покрову, шероховатостям поверхности и влагосодержанию атмосферы.

На рис. 2 показаны распределения значений яркостной температуры на частотах 6,6; 10,6 и 18 ГГц при вертикальной (V) и горизонтальной (H) поляризации. Чувствительность яркостной температуры к влажности

почвы уменьшается с увеличением частоты (рис. 2а) и увеличивается к содержанию влаги в растительном покрове (рис. 2б). Из этого следует, что чувствительность T_y к влажности почвы уменьшается с увеличением растительного покрова. Низкие частоты (6,9 ГГц) горизонтальной поляризации наиболее чувствительны к состоянию почвы под умеренным растительным покровом. Необходимо заметить, что чувствительность уменьшается с увеличением растительного покрова, и существует малая чувствительность к содержанию влаги в растительном покрове, если она составляет более $1,5 \text{ кг/м}^2$, даже на частотах 6,6 ГГц (рис. 2б). Поэтому в работе использовалась частота 6,6 ГГц горизонтальной поляризации.

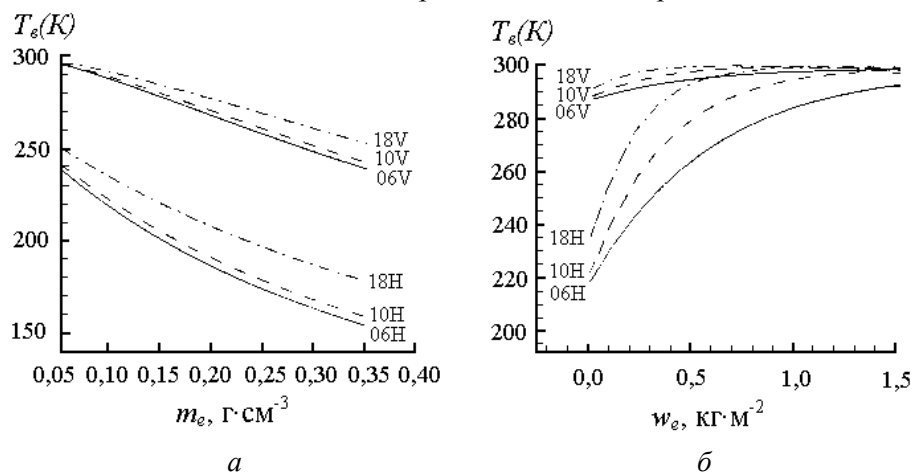


Рис. 2 Яркостная температура, рассчитанная на частотах 6,6; 10 и 18 ГГц как функция. а - влажности почвы (m_e), б - содержания влаги в растительном покрове (w_e) при вертикальной (V) и горизонтальной (H) поляризации. [1].

Вегетация является наиболее важной частью экосистемы местности. Климат оказывает влияние на вегетацию, изменяет его производительность и распределение. Долгосрочные средние параметры наряду с почвенными и географическими характеристиками определяют, в основном, объем и тип вегетации в регионе. В краткосрочном разрезе изменения в вегетации в основном обуславливаются режимом погоды. Вегетация реагирует также на экологические изменения через перераспределение энергии и воды внутри атмосферно-вегетационно-почвенного континуума. Существует несколько индексов, которые являются подходящими спутниковыми индикаторами вегетационного состояния, включая стресс, вызванный засухой. Тем не менее, параметры, основанные на радиометрии очень высокого разрешения (РОВР) отражают комбинированное воздействие экологии (включая климат и другие факторы с долгосрочными воздействиями) и погоды на вегетацию.

Первые непосредственные индексы были модифицированы для отражения состояния и условия вегетации, так как сигналы погоды являются слабее, чем экологические и их нелегко обнаружить [3].

При выявлении состояния растительности, обычно используют вегетационные индексы, которые являются линейными или дробно-линейными комбинациями двух спектральных каналов: 0,6...0,7 мкм (красный диапазон спектра) и 0,8...0,9 мкм (ближний инфракрасный (ИК) диапазон спектра). Выбор этих спектральных каналов обусловлен тем, что в красном диапазоне спектра растительность имеет наименьшее отражение, а в ближнем ИК-диапазоне спектра – самое высокое отражение по сравнению с другими природными объектами. То есть, для растительности в хорошем состоянии характерно падение спектральной кривой в красном диапазоне и резкий подъем в ближнем ИК - диапазоне. Вегетационные индексы описаны во многих работах и были успешно использованы разными авторами. Нормализованный вегетационный индекс (NDVI) представляет собой разность значений ближнего ИК и красного каналов, деленную на сумму этих значений и является наиболее устойчивым к разным факторам: типу съемочной аппаратуры, высоте Солнца и углу сканирования спутника, плотности атмосферы и др. Значения NDVI изменяются в пределах от минус 1 до плюс 1 [4]. Сравнивая значения NDVI двух или более лет съемки, можно определить ухудшение или улучшение состояния растительности.

Для определения степени покрытия растительностью различных регионов Казахстана в работе использовались месячные карты NDVI полярного спутника NOAA/AVHRR для периода с мая по август за 2002 год. Получено, что NDVI меньше 0,4 (вегетация умеренная), в центральной части Казахстана и значения NDVI больше 0,4 на севере и юго-востоке страны. Так как растительный покров имеет высокое излучение в сверхвысоко частотном (СВЧ) спектре, то такие регионы показывают высокое значение T_y даже для пропитанной влагой почвы. Поэтому при интерпретации данных по T_y для определения условий увлажнения почвы необходимо учитывать информацию о растительном покрове. По этой причине были выбраны регионы Казахстана с умеренным растительным покровом.

В табл. представлены максимальные и минимальные значения яркостной температуры по семи станциям за период май – август 2002...2005 г. Разница между максимумом и минимумом, за исключением М Казыгурт, составляет более 30 °К. Это определяет высокую чувствительность T_y к условиям увлажнения почвы.

Максимальные и минимальные значения яркостной температуры (°K) за период май – август 2002...2005 гг.

Метеостанция	Максимум	Минимум
Комсомольское	267,8	217,7
Казыгурт	270,4	248,0
Дмитриевка	272,2	236,5
Аркалык	270,2	225,9
Аккум	268,2	227,5
Есиль	271,0	214,2
Казталовка	270,0	230,1

Для всех семи станций построены диаграммы рассеяния наземных и спутниковых данных по влажности почвы, а также рассчитаны коэффициенты корреляции. В качестве примера на рис. 3 приведены данные по М Комсомольская, где коэффициент корреляции составил 0,53. Однако хорошая связь присутствует не на всех станциях.

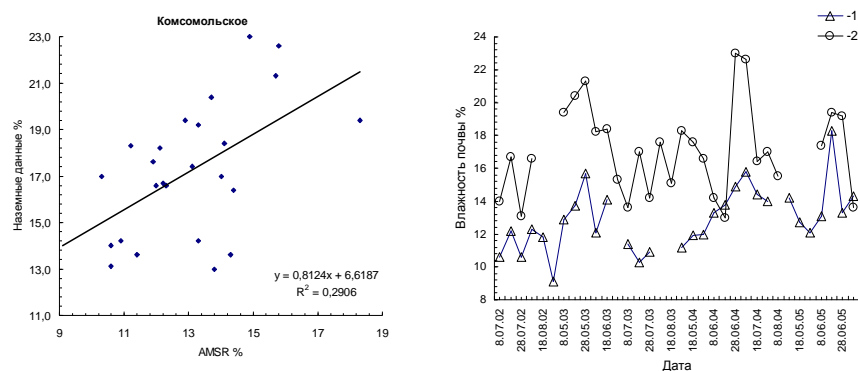
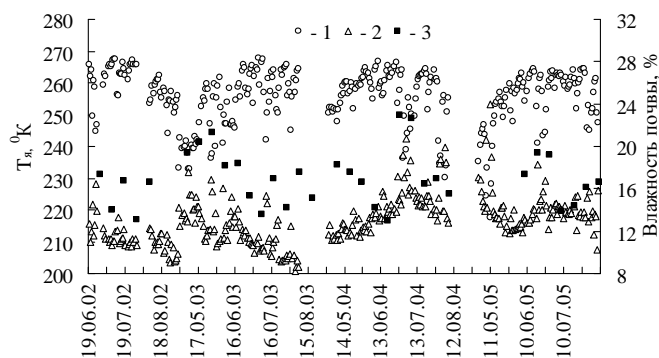


Рис. 3. График связи (слева) и сравнительный временной ход (справа) спутниковых и наземных данных по влажности почвы (в %) для М Комсомольское за период май – август 2002...2005 гг.
1 - AMSR-E, 2 – наземные данные.

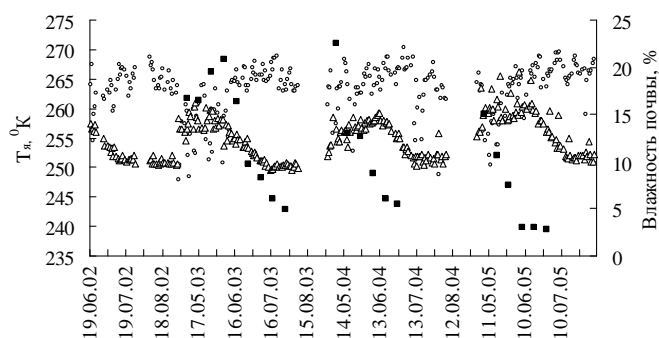
Несоответствие наземных и спутниковых данных может быть связано с тем, что AMSR-E представляет данные только по поверхностному слою почвы, а наземные на глубине 10 см. График временного хода наземных данных и данных AMSR-E также показывает хорошее соответствие между ними, но данные AMSR-E не имеют таких больших колебаний, как наземные данные.

На рис. 4 показано сравнение данных AMSR-E по яркостной температуре и влажности почвы с наземными данными по влажности почвы М Комсомольское и М Казыгурт. Спутниковые и наземные данные по влажности почвы хорошо согласуются с данными по яркостной темпера-

туре. При уменьшении значений влажности почвы увеличиваются значения яркостной температуры, и наоборот. Изменение яркостной температуры определяется изменением содержания почвенной влаги.



а



б

Рис. 4. Временные ряды спутниковых данных по $T_{я}$, и влажности почвы и наземные данные по влажности почвы. а - М Комсомольское, б - М Казыгурт за период май – август 2002...2005 гг.. 1 - $T_{я}$ 6,9 ГГц (H-pol), 2 – влажность почвы (AMSR – E), 3 – влажность почвы (наземные данные).

Далее была рассмотрена возможность использовать ежедневные данные по $T_{я}$ и количеству осадков для мониторинга засух (рис. 5).

Продолжительному периоду с обильными осадками соответствуют низкие значения $T_{я}$ и наоборот, высокие значения $T_{я}$ определяют засушливый период. Значения $T_{я}$ для засушливого периода варьируют от 260...270 °K, тогда как влажный период имеет значения $T_{я}$ меньше, чем 250 °K. Определение соответствующих пределов яркостной температуры

для засушливого периода может помочь охарактеризовать условия засушливости над определенным регионом.

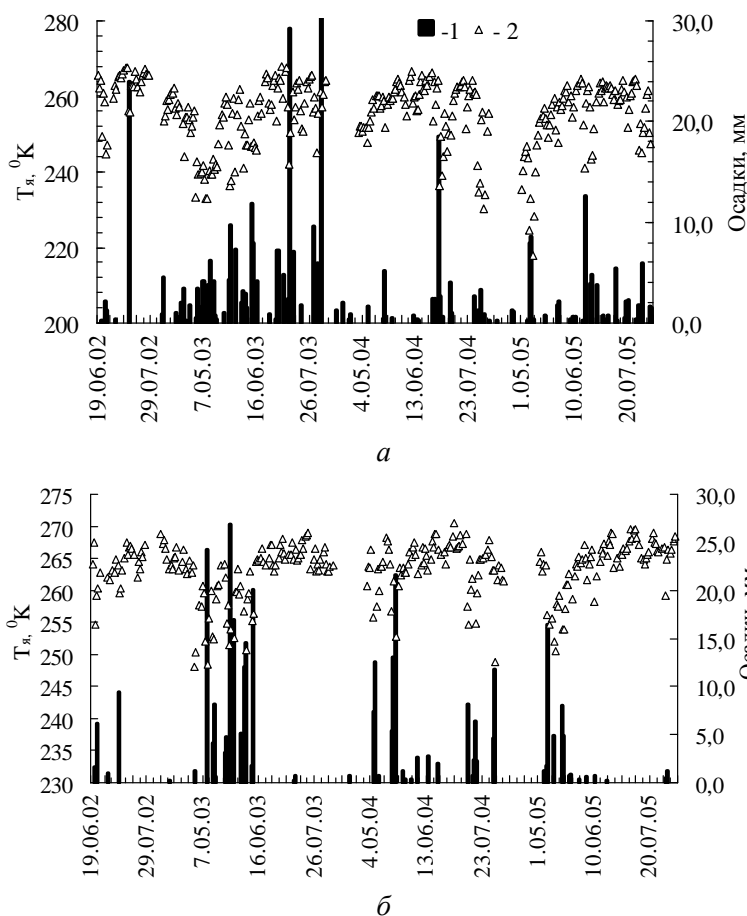


Рис. 5. Временные ряды спутниковых данных по $T_{я}$ и наземных данных по осадкам. а - М Комсомольское; б - М Казыгурт за период май – август 2002...2005 гг. 1 – осадки, 2 – $T_{я}$ 6,9 ГГц (H-pol).

Изменения значений или аномалий $T_{я}$ могут характеризовать изменения количества осадков или аномалий над соответствующим регионом. Для определения засушливых регионов и периодов засух были построены карты аномалий яркостной температуры (недельные, месячные и сезонные). Для расчета климатических характеристик яркостной температуры были использованы данные за 6 лет (2002...2007 гг.). Для того, чтобы определить, отражают ли аномалии яркостной температуры аномалии количества осадков или влажности почвы, были рассчитаны значения аномалий недельных сумм осадков и влажности почвы по данным

AMSR - E. На рис. 6 представлена диаграмма рассеяния недельных аномалий $T_{я}$ и осадков, а также недельных аномалий $T_{я}$ и почвенной влаги для М Комсомольское. На диаграмме видно, что большинству значений негативной аномалии количества осадков соответствуют значения позитивной аномалии яркостной температуры, и наоборот. Связь между $T_{я}$ и почвенной влагой выражена слабее. О причинах этого было сказано выше.

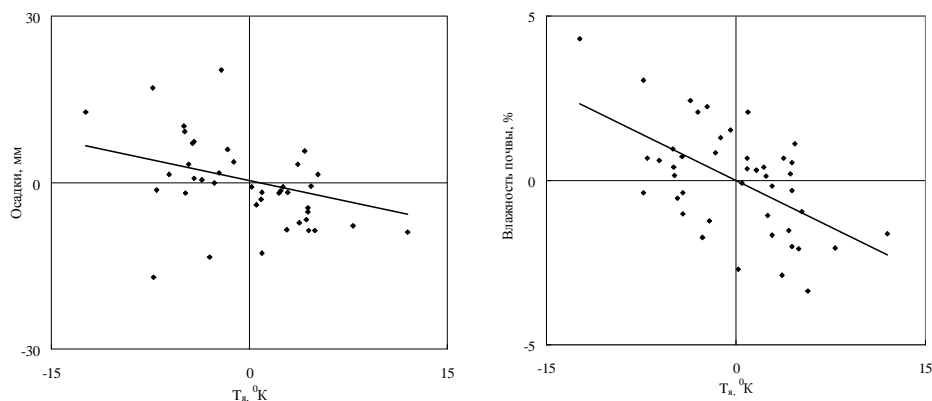
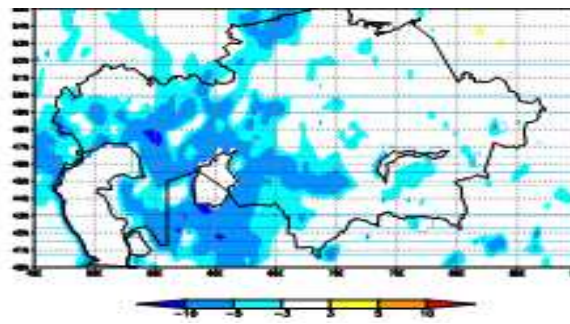


Рис. 6. Диаграмма аномалий яркостной температуры и осадков (слева) и аномалий яркостной температуры и влажности почвы (справа) для М Комсомольское за период с мая по август 2002...2005 гг.

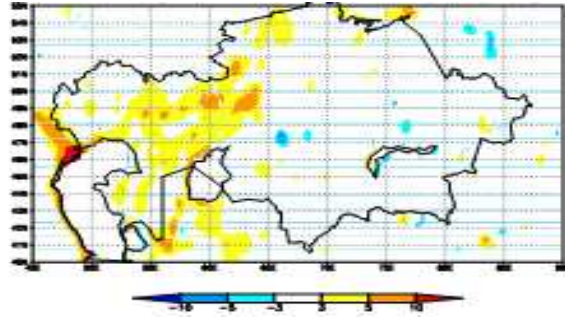
Следовательно, можно сказать об удовлетворительной корреляции аномалий яркостной температуры с аномалиями осадков. Карты аномалий яркостной температуры могут использоваться для определения засушливых регионов в различных временных шкалах. В данной работе посчитаны недельные, месячные и сезонные аномалии $T_{я}$ для территории Казахстана за 6 лет.

На рис. 7 в качестве примера представлены карты сезонных аномалий яркостной температуры. Наиболее влажным годом является 2003 г. (негативная аномалия), тогда как в 2006 г. по позитивной аномалии хорошо определяются засушливые районы.

Месячные аномалии $T_{я}$ (рис. 8) также подтверждают, что в мае – июне 2003 г. и мае 2007 г. был влажный период (негативные аномалии $T_{я}$). Регионы с засушливым периодом (положительные аномалии $T_{я}$) определяются в мае 2004 года, а также в мае – июне 2006 г.

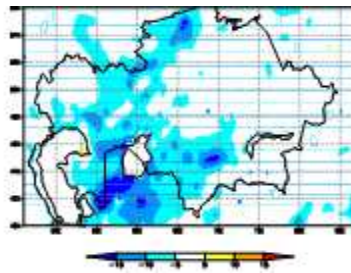


a

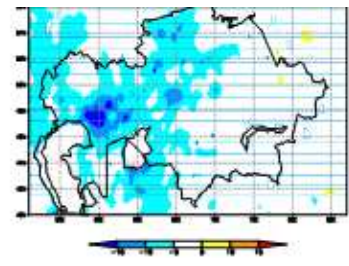


б

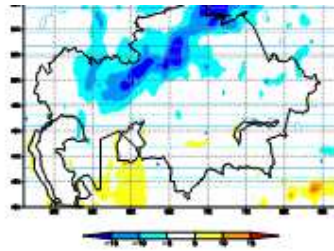
Рис. 7. Сезонные аномалии (май – август) яркостной температуры на территории Казахстана. а - 2003 г., б – 2006 г.



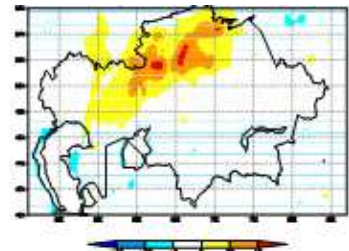
а



б



в



г

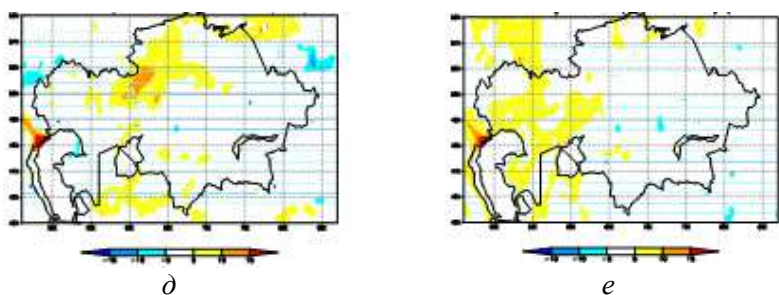
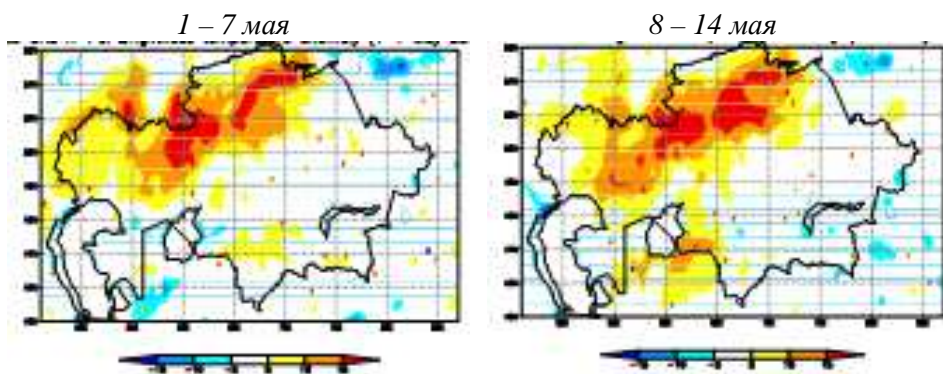


Рис. 8. Месячные негативные аномалии яркостной температуры на территории Казахстана за 2003 г. а – май, б – июнь и 2007 г. в - май, а также месячные положительные аномалии за 2004 г. г – май и 2006 г. д – май, е – июнь.

Таким образом, для выявления регионов с засушливыми и влажными периодами можно использовать аномалии яркостной температуры поверхности.

Временное распределение осадков наиболее важно для урожая при различных фазах цветения и роста растений и необходимо для определения условий засушливости за короткий период (примерно за неделю). Для этих целей посчитаны недельные аномалии T_n за период 2002...2007 гг. (май – август). По этим картам можно определить условия увлажнения по неделям за соответствующий месяц и год. На рис. 9 в качестве примера представлены карты недельных аномалий яркостной температуры в периоды наиболее засушливых (1...14 мая) и наиболее влажных условий (1...14 июля, 1...7 августа) 2004 г. Данные радиометра AMSR-E показали хорошую корреляцию с данными по осадкам (показатель почвенной влаги) на территории Казахстана.



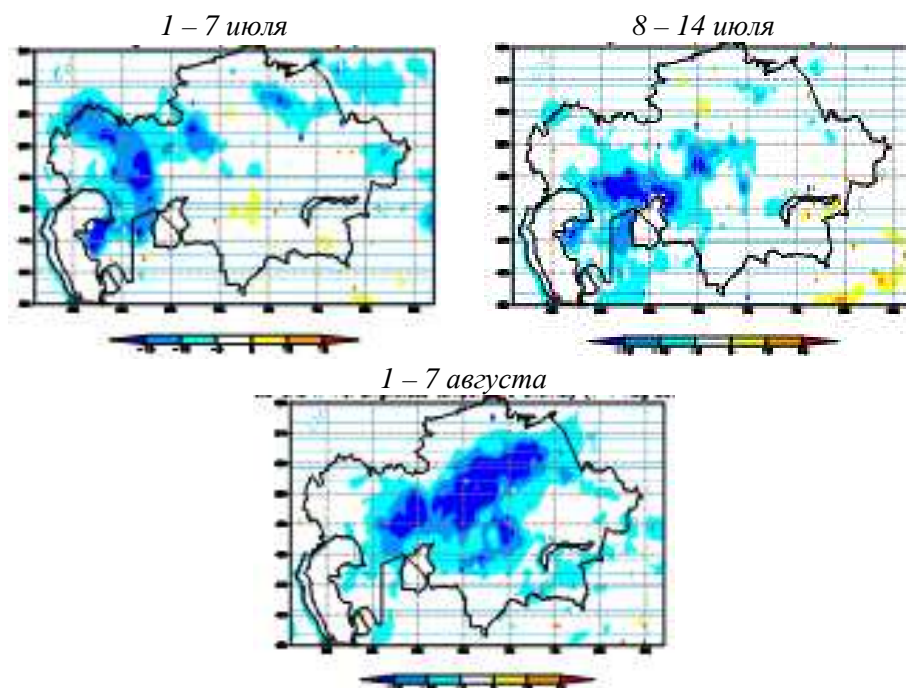


Рис. 9. Недельные аномалии яркостной температуры на территории Казахстана за 2004 г.

Проведенное исследование показало, что использование спутниковых данных, в частности яркостной температуры, может способствовать улучшению пространственного мониторинга влажности почвы на территории Казахстана и раннему выявлению возможности возникновения засухи. Однако эти результаты должны верифицироваться с фактическими условиями засушливости территории Казахстана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заболотских Е.В., Митник Л.М., Бобылев Л.П., Йоханнессенн О.М. Нейронно-сетевые алгоритмы восстановления параметров системы океан-атмосфера по данным микроволнового спутникового зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. / Под ред. Е.А. Лупяна, О.Ю. Лавровой. – М.: Изд-во Полиграф, 2004. – С. 447-458.
2. Коган Ф.Н. Дистанционный сбор данных о воздействии погоды на вегетацию в не гомогенных районах, Им Дж., Дистанционный сбор данных., 1990.11, С. 1405-1419.

3. Коган Ф.Н. Глобальное наблюдение за засухой из космоса. // Бюлл. Амер. Мет. Об. – 1997. – Вып. 78. – С. 621 – 636.
4. Joseph G. Fundamentals of remote sensing. / Second edition. – 2008. – PP. 29-113.
5. Njoku E.G., Li Li Retrieval of land surface parameters using passive microwave measurements at 6 – 18 GHz. IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing. 1999. – № 37, PP. 79-93.

РГП «Казгидромет», г. Алматы,

Центр применения космических технологий (SAC), г. Ахмедабад, Индия

***СПУТНИКТИК МӘЛІМЕТТЕРДІ ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ
ТОПЫРАҚТЫҢ ШӨЛДЕНУ МОНИТОРИНГІНДЕ***

ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІГІ

Р.М. Илякова

П.К. Таплиял

AQUA серігінің бортында орналасқан, AMSR-E радиометрмен өлшенген жарықтық температурасы мен топырақ ылғалдығы туралы квази-синхрондық мәліметтерге және Қазақстанның жеті метеорологиялық станцияларының: Комсомольское, Қазығұрт, Дмитриевка, Арқалық, Аққұм, Есіл, Казталовканың 2002 ...2007 жылдардың мамыр мен тамыз аралығындағы топырақ ылғалдылығы мен жауын – шашын мәліметтеріне салыстырмалы талдау, спутниктік мәліметтерді топырақтық шөлдену мониторингінде қолдану мүмкіндіктерін бағалау мақсатында жасалынды. Жарықтық температураны қолдану топырақ ылғалдылығының мониторингін жақсартуға және шөлдің пайда болуын алдын – ала анықтауға мүмкіндік береді.

УДК 504.05

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ
ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ И ОЦЕНКА
СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА ПРОМЫШЛЕННЫХ
ГОРОДОВ АПШЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

Т.Д. Агаев

Канд. геогр. наук

А.И. Ислам-Заде

В статье рассматриваются возможности использования потенциала загрязнения атмосферы для обеспечения чистоты воздушного бассейна городов.

Введение

Для оценки загрязнения атмосферы промышленных городов, можно воспользоваться такой характеристикой, как потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА). Его расчет основан на результатах изучения влияния метеорологических параметров на изменение концентрации примеси в приземном слое, которое подчиняется логарифмически нормальному закону. Низкие значения ПЗА имеют место в тех районах, где часты метеорологические условия, при которых не происходит накопление вредных примесей в приземном слое, т.е. наблюдаются условия благоприятные для рассеивания примесей. Наоборот, при неблагоприятных метеорологических условиях наблюдаются высокие значения ПЗА.

Цель исследования – определение ПЗА для Апшеронского полуострова и выявление изменений этого показателя с течением времени.

Метод исследования. Как известно, статистическими характеристиками загрязнения воздуха является средняя концентрация (\bar{q} , мг/м³), дисперсия (δ^2), максимальные значения (q_{\max} , мг/м³), коэффициент вариации (V), вероятность концентраций превышающих ПДК ($F = q > \text{ПДК}$) и др. Установлено, что распределение повторяемости наблюдаемых концентраций в каком-либо пункте зависит от мощности источников выбросов, рабочего режима и метеоусловий. При описании распределения повторяемости концентрации можно использовать логарифмически нормальный закон. В этом случае плотность распределения концентрации примеси выражается формулой:

$$f(q) = \frac{1}{Sq\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\ln^2(q/m)}{2S^2}},$$

где S и m – параметры логарифмически нормального распределения.

В работах [1-4] приведены аналитические выражения для средних значений концентрации примеси \bar{q} , дисперсии δ^2 , коэффициента вариации V . На основе этих значений также приведены аналитические выражения для максимальных концентраций примеси q_{\max} , с любой вероятностью ее превышения и для вероятности F появления величины q выше какого-либо значения q_{\max} :

$$\bar{q} = me^{S^2/2}, \quad (1.1)$$

$$\delta^2 = m^2 e^{S^2} (e^{S^2} - 1), \quad (1.2)$$

$$V = \frac{\delta}{\bar{q}} = \sqrt{e^{S^2} - 1}, \quad (1.3)$$

$$q_{\max} = me^{ZS} \sqrt{2}, \quad (1.4)$$

$$F(q < q_{\max}) = \frac{1}{2} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\ln(qm/m)}{S\sqrt{2}} \right) \right], \quad (1.5)$$

где $Z_K = \frac{\ln(qm/m)}{S\sqrt{2}}$ для вероятности превращения q_{\max} в 0,1 % случаев

$$q_{\max} = me^{3S}. \quad (1.6)$$

Используя данные экспериментальных наблюдений, можно получить все необходимые характеристики загрязнения воздуха, а значение q_{\max} можно получить из (1.1) и (1.2):

$$q_{\max} = \frac{q_{cp}}{\sqrt{1 + \frac{\delta}{q_{cp}^2}}} \exp \left(Z_K \sqrt{2 \ln \left(1 + \frac{\delta}{q_{cp}^2} \right)} \right). \quad (1.7)$$

Как было установлено [1, 2, 5, 6] плотность распределения концентрации вредных примесей в городах Баку и Сумгаите достаточно хорошо описывается логарифмически нормальным законом и средняя концентрация \bar{q} , коэффициент вариации v и вероятность концентрации q выше заданного уровня q_n выражается m и S (формулы 1.1 – 1.7), а интеграл вероятности

$$\Phi(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-t^2} dt = \operatorname{erf}(Z_K), \quad (1.8)$$

$$\text{где } Z_k = \frac{\ln(q_n/m)}{s\sqrt{2}}.$$

Так, если определить вероятность P_1 и P_2 , которые связаны с некоторыми метеорологическими условиями, способствующими увеличению концентрации вредной примеси выше q_n и $1,5q_n$, то параметры логарифмически нормального распределения (1.1) можно выразить через эти вероятности [3]. Таким образом, в нашем случае имеются следующие характеристики, связанные с уровнем загрязнения атмосферы q , $P_1(q > q_n)$, $P_2(q > 1,5q_n)$, m и S из формулы (1.8) получаем

$$\Phi(Z_1) = 1 - 2P_1(q > q_n), \quad (1.9)$$

$$\Phi(Z_2) = 1 - 2P_2(q > 1,5q_n), \quad (1.10)$$

$$Z_1 = \frac{\ln(q_n/m)}{s\sqrt{2}}, \quad (1.11)$$

$$Z_2 = \frac{\ln(1,5q_n/m)}{s\sqrt{2}}. \quad (1.13)$$

Тогда m , S и \bar{q} выражаются через Z_1 и Z_2 , и определяются по таблице интегральных ошибок:

$$m = q_n \exp\left(-\frac{0,4}{b_r - 1}\right), \quad (1.14)$$

$$S = \frac{0,4}{\sqrt{2}(b_r - 1)Z_1}, \quad (1.15)$$

$$\bar{q} = q_n \exp\left[\frac{0,04}{(b_r - 1)^2 Z} - \frac{0,4}{b_r - 1}\right], \quad (1.16)$$

$$\text{где } b_r = \frac{Z_2}{Z_1}. \quad (1.17).$$

Представляет интерес точное определение значения q_n . Поэтому по способу перебора были выбраны такие значения q_n , где расчетные значения m , S и \bar{q} соответствовали их экспериментальным значениям. Необходимо отметить, что параметрам m , S и \bar{q} в каждом временном ряду соответствует определенное значение q_n , малейшие колебания q около q_n сопровождаются изменением значений одного из параметров m , S и \bar{q} .

Синхронный анализ рядов q_i , Z_i и $P(q > q_i)$ показывает, что q_n соответствует последнему Z_i со знаком минус, а $P(q > q_i) > 0,5$. Тем самым определение q_n гораздо облегчается. Значение q_n в указанные годы находится в пределах: для SO_2 – (0,1815...0,2874), а для NO_2 – (0,0576...0,0875) (табл. 1.) и они тесно связаны с вероятностью определенных метеорологических условий данного региона. Таким образом по известным значениям q_n определяется $P_1(q, q_n)$ и $P_2(q, q_n)$ и соответствующие сочетания метеорологических элементов. Значит, метеорологические элементы выбираются не из физических соображений, а из фактического уровня загрязнения атмосферы региона. С учетом значений P_1 и P_2 расчет ПЗА выполняется по формуле (1.16). Расчеты показывают, что на Апшероне высокие значения ПЗА отмечаются в зимне-весенние, а низкие значения в летне-осенние месяцы (табл. 2 и 3). Максимальные значения ПЗА в г. Баку отмечаются в марте – 3,8, а в г. Сумгаите в апреле – 3,1. В теплый период года высокие значения ПЗА имеют место в вечерне-ночные часы, а в холодный период года в дневные часы. Проведенный анализ данных показывает, что между значениями m и q_n разница составляет всего 0,0001, т.е. с точностью 0,0001 можно принять, что $q_n = m$.

Таблица 3

Изменение ПЗА на Апшеронском полуострове в течение года (по срокам)

Срок	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
03	2,4	2,5	2,6	2,9	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	2,9	2,6	2,6
09	2,2	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	2,0	2,2
15	2,2	2,2	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,9	2,2	2,2
21	2,3	2,4	2,5	2,6	2,9	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,2	2,1

Тогда из формулы (1.16) получаем

$$ПЗА = 2,24 \frac{\bar{q}}{q_n}, \quad (1.18)$$

с учетом (1.8), (1.16) и (1.18) получается

$$ПЗА = 2,24 e^{s^2/2}. \quad (1.19)$$

Таблица 1

Временная изменчивость ПЗА и соответствующие характеристики загрязнения атмосферы г. Баку

q_n	m	S	\bar{q}	\bar{q}/q_n	Z_1	Z_2	P_1	P_2	S/P_2	ПЗА
SO₂										
0,2063	0,2064	0,6300	0,252	1,222	-0,0024	0,4526	50,14	26,28	2,40	2,7
0,1815	0,1814	0,7623	0,243	1,339	-0,0020	0,3758	50,11	29,91	2,54	3,0
0,1876	0,1877	0,6560	0,233	1,242	-0,0038	0,4351	50,22	27,09	2,42	2,8
0,2874	0,2876	0,6022	0,345	1,200	-0,0028	0,4748	50,15	25,28	2,38	2,7
0,2396	0,2399	0,5945	0,286	1,194	-0,0043	0,4794	50,24	25,08	2,37	2,7
NO₂										
0,0719	0,0720	0,7424	0,095	1,321	0,0128	0,3773	50,72	29,83	2,49	3,0
0,0675	0,0676	0,6830	0,085	1,259	-0,0090	0,4159	50,51	27,39	2,44	2,7
0,0813	0,0813	0,7754	0,110	1,353	-0,0035	0,3700	50,20	30,19	2,56	3,0
0,0875	0,0876	0,6091	0,107	1,223	-0,0083	0,4330	50,46	26,26	2,39	2,8
0,0576	0,0577	0,6091	0,069	1,198	-0,0135	0,4640	50,75	25,76	2,36	2,7

Таблица 2

Повторяемость (%) различных метеорологических условий, создающих ПЗА на Апшеронском полуострове

Условия	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Приземная инверсия	17	13	13	22	31	25	13	17	18	16	19	16	19
Приподнятая инверсия	67	73	71	54	45	46	54	55	56	57	63	71	59
Скорость ветра 0,1 м/с	13,5	10,0	10,5	13,0	13,3	13,0	11,7	11,9	10,9	10,0	12,3	14,7	12,1
Застой	5	3	3	6	8	7	5	4	4	4	6	5	5
Туман	0,1	0,2	0,2	0,7	0,7	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4
ПЗА	2,6	3,5	3,8	2,8	2,5	2,3	2,1	2,1	2,0	2,0	2,1	2,3	2,5

Из (1.17) следует, что при определении ПЗА параметр распределения S играет важную роль. По сравнению с формулой (1.16) формула (1.18) более проста, но результаты расчета по ним имеют один порядок.

Как известно, $S = -tg\alpha$, уклон прямой линии, соответствующий кумулятивному распределению логнормальных данных характеризует величину дисперсии концентрации. Последняя в основном определяется метеоусловиями. Результаты расчета показывают, что между S и P_2 существует связь – $S = 2,24P_2$, которая представляет собой сумму повторяемости приподнятых инверсий над источником выброса ($P_{ин.}$), а также штилевых зон в указанном ($P_{шт.}$) слое. Подставляя значения S в (1.17), получаем:

$$ПЗА = 2,24e^{2,93} \cdot P_2^2. \quad (1.20)$$

Таким образом, предложенными аналитическими выражениями (1.18 – 1.20) с учетом значения P_2 , S и \bar{q} можно определить значение ПЗА. Проведенные расчеты показали, что ПЗА для Апшеронского региона колеблется от 2,7 до 3,0 (табл. 2). Согласно расчетам диапазон изменения ПЗА на Апшеронском полуострове относится к зоне повышенного загрязнения воздуха городов.

Установлено, что ПЗА часто хорошо согласуется с изменениями средней концентрации атмосферных загрязнителей. Это можно видеть на рисунке, где показано годовое изменение среднемесячных концентраций сернистого газа и показателя ПЗА.

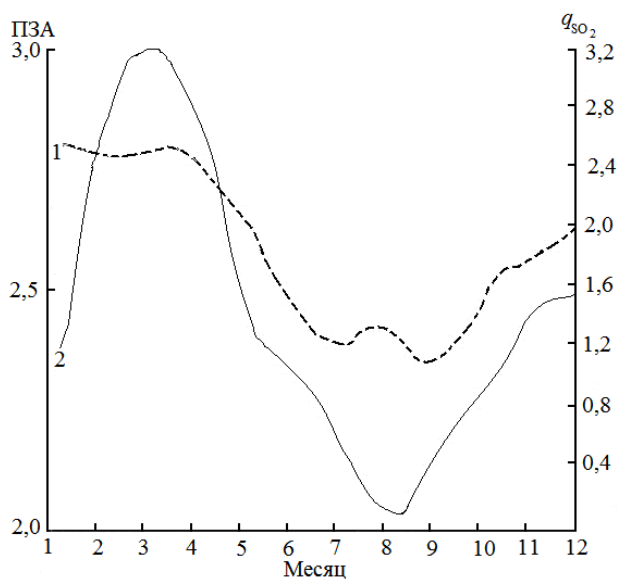


Рис. Годовой ход концентрации сернистого газа (1) и ПЗА (2) в г. Баку.

Как видно, значения концентрации сернистого газа и показателя ПЗА имеют синхронный ход, с максимальными значениями весной и минимальными – летом и в начале осени. Некоторое отклонение имеет место в конце лета, когда увеличивается концентрация сернистого газа от высотных источников промышленных объектов. Зимой и весной высокие значения ПЗА на Апшеронском полуострове определяются частой повторяемостью антициклональной погоды, обуславливающей слабые ветры и устойчивую стратификацию атмосферы. В это время повторяемость приземных инверсий превышает 30 %. Вероятность появления инверсий в вечерне-ночные часы велика. Такая ситуация, при высоком ПЗА, способствует сохранению застоя воздуха в пограничном слое и ограничивает рассеивание вредных примесей в атмосфере.

В заключение следует отметить, что мероприятия по обеспечению чистоты воздуха городов следует планировать на те периоды, когда наиболее вероятны неблагоприятные метеорологические условия. Понятно, что невозможно избежать таких погодных условий, но на промышленных объектах, расположенных в этих районах следует уделять большое внимание очистным сооружениям и эффективности их работы. При выборе района для строительства новых промышленных объектов необходимо учитывать ПЗА, а также экономическую целесообразность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаев Т.Д. Метеорологический потенциал загрязнения атмосферы // Труды географического общества Азербайджана. – Том IX. – Баку. – 2004. – С. 333-337.
2. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. – Л.: Гидрометиздат, 1980. – 184 с.
3. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.
4. Горчиев А.А., Рафиев Р.М., Агаев Т.Д. Методы определения фоновых значений концентрации вредных примесей в атмосфере, для оценки экологической нагрузки на окружающую природную среду // Доклады АН Азербайджанской ССР. – Баку: Т. XVIII. – №5. – 1987. – С. 42-47.
5. Горчиев А.А., Рафиев Р.М., Агаев Т.Д., Мамедов А.А. Физико-статистический метод прогноза степени загрязнения воздушного бассейна крупных городов. // В кн. Человек и биосфера. – Баку, 1986.
6. Agayev T.D., Shirinova D.V., Ahmedova A.F. Methods of Determination of Absheron contamination potential. /Energy, Ecology, Economy, 4th Baku International congress. Baku – September 21-24 1999.

7. Islamzadeh A.I. Determination metrological potential in Sumgayit air basin contamination. Azerbaijan National Aerospace Agency (ANASA). Bulletin of ANASA. ISSN 0235-6031, №2 (8), P. 91-94, Баку, 2005.

Сумгайытский Государственный Университет, Азербайджан
Сумгайытский Центр Экологической Реабилитации, Азербайджан

**АТМОСФЕРАНЫҢ ЛАСТАНУ ПОТЕНЦИАЛЫНЫҢ
КӨРСЕТКІШТЕРІН АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ АПШЕРОН
ТҮБЕГІНІҢ ӨНЕРКӘСІПТІК ҚАЛАЛАРЫНЫҢ АУА БАССЕЙНІ
ТАЗАЛЫҒЫН ТЕКСЕРУ МАҚСАТЫНДА ҚОЛДАНУ**

Т.Д. Агаев

Геогр. ғылымд. канд. А.И. Ислам-Заде

Мақалада қалалардың ауа бассейндерінің тазалығын қамтамасыз ету үшін атмосфераның ластану потенциалы көрсеткіштерін қолдану мүмкіндіктері қарастырылды.

УДК 556.114(282.255.45)

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ
ВОД РЕКИ ШУ**

А.М. Бажиева

В статье рассматриваются основные загрязняющие факторы, и приводятся результаты расчетов оценки современного состояния качества поверхностных вод р. Шу.

Река Шу относится к Шу-Таласскому водохозяйственному бассейну. Основными загрязнителями являются органические вещества и нефтепродукты. Качество воды в реке зависит от степени загрязненности ее притоков, находящихся в ее бассейне озера и подземных вод, а также от загрязненности ледников, главной причиной которой является деятельность человека. Регулирование стока в долинах привело к сокращению паводков и их продолжительности, что в свою очередь оказало негативное влияние на прибрежную растительность и растительность затопляемых зон.

Важнейшими отраслями экономики в Кыргызстане являются энергетическая, легкая промышленность, цветная металлургия и перерабатывающая промышленность. Наиболее загрязняющими отраслями являются предприятия горнодобывающей, металлургической, цементной, кожевенной и текстильной промышленности.

Экологическое состояние поверхностных и подземных вод Чуйской долины на территории Кыргызстана вызывает тревогу. Это связано, в первую очередь, с неудовлетворительной очисткой городских коммуникационных стоков, предприятий мясо-молочной, пищевой, местной промышленности. Поэтому, основными факторами нагрузки в Кыргызстане являются неочищенные бытовые и промышленные сточные воды, животноводство, добыча полезных ископаемых в горных районах и неконтролируемое удаление отходов близ населенных пунктов. Одним из главных источников загрязнения является предприятие «Горводоканал» в Бишкеке. Значительная часть малых городов и районных центров Кыргызстана не имеет централизованных канализационных систем и очистных сооружений.

Практически все предприятия животноводства не имеют систем сбора, хранения и утилизации стоков. Не обезвреженные навозосодержа-

щие стоки и отходы животноводства стали одним из наиболее опасных источников загрязнения водных экосистем в регионе.

Увеличение объемов сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, неудовлетворительное хранение, обработка, утилизация промышленных и бытовых отходов, низкая культура сельскохозяйственного производства, привели к локальным загрязнениям открытых водоемов и подземных вод.

Согласно проведенной Кыргызстаном оценке, техническое состояние гидросооружений, включая оросительные каналы, и инфраструктуры промышленного и муниципального водоснабжения ухудшаются, что оказывает негативное влияние на обеспеченность водой и качество водных ресурсов. Нагрузка на водные ресурсы будет также расти из-за ухудшения технического состояния систем водоснабжения и очистки сточных вод. Дополнительным фактором негативного воздействия на качество подземных вод становится растущее загрязнение, обусловленное ухудшением состояния водоохраных зон.

Наблюдения за качественным составом воды р. Шу в целом по бассейну в пределах Жамбылской области показывают превышение предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ по БПК₅ (биологический показатель кислорода), фенолам, нефтепродуктам, азоту аммонийному и нитритам. По качественному составу [4] воды р. Шу с 1998 г. до 2008 г. относятся к классу умеренно загрязненных. Комплексный индекс загрязнения воды (КИЗВ) варьирует в пределах от 1,5 до 2,78. Ежегодные наблюдения за качеством вод, поступающих с территории Республики Кыргызстан, показывают высокий уровень превышения фоновых показателей. Превышение предельно-допустимых концентраций, фоновых показателей и санитарных норм отмечалось по нитритам, сульфатам, азоту аммонийному, БПК₅. На р. Шу (створ с. Благовещенское) отмечалось превышение среднегодовых предельно-допустимых концентраций [3] по меди до 11,7 ПДК (2001 г.), БПК₅ до 1,47 ПДК, азоту нитритному до 5,75 ПДК (2007 г.), фенолам до 5,0 ПДК (2004 г.) и нефтепродуктам до 1,28 ПДК. Содержание загрязняющих веществ в апреле 2007 г. превышало допустимые концентрации по азоту нитритному (29,0 ПДК), меди (5,4 ПДК) и фенолам (3,0 ПДК). КИЗВ составил во 2 квартале 2007 года 4,07 – 3 класс «высокий уровень загрязнения».

Провести классификацию вод по потребительским свойствам по длине реки не представляется возможным, т.к. в бассейне уже более 10 лет действует только один створ мониторинга качества воды, р. Шу – с. Благовещенское. Данный створ, по сути, является пограничным и харак-

теризует только качество воды поступающей с территории Кыргызстана. Ниже данного створа находится Тасоткельское водохранилище, в результате действия которого гидрохимический режим и качество воды в нижнем бьефе водохранилища значительно изменяются. Однако при отсутствии наблюдений ниже водохранилища не представляется возможным количественно оценить данные изменения. И тем более, не является корректным распространение информации по створу у с. Благовещенское на все нижнее течение р. Шу, т.к. это противоречит законам физики и химии водных потоков. Кроме того, на взгляд автора, для правильного отражения ситуации с изменением качества воды по длине реки необходимо иметь не просто данные наблюдений несколько раз в год, а увязанные во времени наблюдения с учетом времени добегания. Только в этом случае можно правильно оценить изменения качества по длине реки и классифицировать участки с точки зрения изменения качества в сторону увеличения концентраций тех или иных веществ или их уменьшения (т.е. самоочищения на данном участке).

Вещества, наиболее активно участвующие в жизнедеятельности водных организмов, называются биогенными. К ним относятся соединения азота, фосфора, кремния, железа и соединения некоторых микроэлементов. При проведении исследований по определению степени загрязнения р. Шу биогенными веществами использованы работы, выполненные под руководством доктора технических наук М.Ж. Бурлибаева [2], а также опубликованные материалы о состоянии загрязнения водотоков Казахстана, выполненные специалистами РГП «Казгидромет» [1]. Исследовалось содержание в воде р. Шу аммонийного азота, нитрит и нитрат ионов и общего фосфора, т.е. тех биогенных веществ, которые влияют на жизнедеятельность организмов и являются показателями наличия загрязнения в водоеме. Так, аммиак появляется в воде в результате разложения органического вещества, попадания в водоем хозяйственных фекальных стоков, удобрений. Аммонийный азот выделяется рыбами в воду как конечный продукт метаболизма азотсодержащих веществ. Нитриты – промежуточный продукт окисления аммиака или восстановления нитратов в воде. Нитриты образуются в процессе окисления азотсодержащих органических веществ и свидетельствуют о свежем органическом загрязнении водоема. Попадают в воду в результате загрязнения хозяйственно-бытовыми стоками, смывами с полей. При повышенном содержании нитритов обычно отмечается низкий уровень растворенного кислорода, что может привести к образованию заморов. Нитраты образуются из нитритов в результате процесса нитрификации, либо попадают в водоемы в результате смыва

удобрений с полей, с атмосферными осадками, различными стоками. Повышенный уровень нитратов свидетельствует о том, что в водоеме имело место в недалеком прошлом органическое загрязнение. Нитраты значительно менее токсичны, чем нитриты. Соединения фосфора – важнейшие биогенные элементы. Повышенное содержание фосфатов – признак органического загрязнения водоемов. В то же время анализ загрязнения р. Шу биогенными веществами (исследовалось содержание в воде р. Шу аммонийного азота, нитрит и нитрат ионов и общего фосфора) показал, что в целом за период с 1998 г. по 2008 г. КИЗВ_{Б.Э.} оценивается как умеренного уровня загрязнения, кроме 2007 г., когда КИЗВ_{Б.Э.} = 3,4, что относится к классу высокого уровня загрязнения.

Результаты исследований показывают, что в течение года концентрации загрязняющих веществ в реке в сильной степени варьируют. Экстремальные в году значения показателей загрязнения могут отличаться в десятки раз, причем верхние значения, как правило, превышают действующие ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения [3]. При этом по усредненным за год показателям вода может оказаться нормативно-чистой, поскольку концентрации загрязняющих веществ нивелируются. Следовательно, оценку качества воды по усредненным концентрациям загрязняющих веществ необходимо дополнять оценкой сезонного состояния загрязненности водных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базарбаев С.К., Бурлибаев М.Ж., Кудеков Т.К., Муртазин Е.Ж. Современное состояние загрязнения основных водотоков Казахстана ионами тяжелых металлов. – Алматы: «Каганат», 2002. – 196 с.
2. Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж., Искаков Н.А. и др. Биогенные вещества в основных водотоках Казахстана. – Алматы: «Каганат». – 2003. – 723 с.
3. Обобщенный перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. Рыбводхоз. М., 1990.
4. РК 52.5.06-03 «Правила по экологическому мониторингу. Методические рекомендации по проведению комплексных обследований и оценке загрязнения природной среды в районах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию», утвержденные Вице-министром охраны окружающей среды 20.04.2003 г.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

ШУ ӨЗЕНІНІҢ ЖЕР БЕТІ СУЛАРЫ САПАСЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

А.М. Бажиева

Мақалада Шу өзенінің жер беті суларын ластаушы негізгі факторлар қарастырылып, су сапасының қазіргі жағдайын бағалайт

УДК 551.35:552.5

**ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ АРАЛЬСКОГО МОРЯ В
СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Канд. геогр. наук

Н.И. Ивкина

Канд. техн. наук

С.П. Шиварёва

В статье рассмотрены изменения уровня Аральского моря за период инструментальных наблюдений. В связи с падением уровня Аральского моря менялось очертание береговой линии, особенно в мелководных восточных, юго-восточных и южных районах моря. Для более наглядного представления приведена модельная батиметрическая карта Аральского моря.

История Аральского моря характеризуется сложным ходом природных процессов. В первую очередь это выражается в резких колебания его уровня и солёности. В голоценовый период уровень Аральского моря испытывал резкие разномасштабные колебания. Во время трансгрессий уровень моря поднимался до отметок 58 м и выше, солёность воды выравнивалась и не превышала 10 ‰. В регрессивные эпохи, совпадающие с жаркими аридными условиями, уровень резко падал и море разбивалось на отдельные высокоминерализованные озера (до 100 ‰ и более) [6].

За период инструментальных наблюдений в многолетних изменениях уровня Аральского моря исследователи выделяют два периода: условно-естественный (1911...1960 гг.) и современный резко нестационарный период активного антропогенного воздействия на режим моря (с 1961 г. по настоящее время).

Для первого периода характерна относительная стабильность уровня режима моря. Средние годовые уровни колебались около его средней многолетней отметки 53 м БС. Размах межгодовых колебаний уровня находился в пределах 1 м. Так, наибольшие отклонения средних годовых уровней от его среднего многолетнего значения на станции Аральское море составляли плюс 40 см (1912 г., 1960 г.) и минус 45 см (1920 г.). Объём воды составлял 1064 км³, из чего 79,7 км³ приходилось на Малое море и 984 км³ – на Большое море. Площадь зеркала воды Аральского моря составляла 66086 км² (5992 км² – площадь Малого моря, 13628 км² – площадь западной части Большого моря и 46466 км² – его

восточной части). Приток речных вод к морю составлял $56 \text{ км}^3/\text{год}$, а средняя соленость – $10...11 \text{ ‰}$. Море было расположено между $43^\circ 24'$ и $46^\circ 53'$ с.ш. и $58^\circ 12'$ и $61^\circ 59'$ в.д. и в целом вытянуто с юго-запада на северо-восток. Максимальная протяженность моря в этом направлении составляла 432 км , а средняя ширина – 156 км . На Аральском море насчитывалось более 1100 островов, наиболее крупные из них Кокарал, Барсакельмес, Возрождения. В режиме уровня моря в этот период проявлялась определенная цикличность колебаний средних годовых значений уровня моря ($22...25$ лет) и запаздывание примерно на год многолетнего хода уровня моря относительно многолетних колебаний стока, впадающих в море рек [5].

Начиная с 1961 г., средний годовой уровень Аральского моря стал снижаться. Это объясняется как естественным маловодьем предшествующих лет, так и антропогенными факторами – изъятием речного стока на орошение. Причем объем безвозвратных потерь стока увеличился не только из-за расширения орошаемых площадей, но из-за увеличения интенсивности самого орошения. В 60...70-е годы были построены крупные оросительные каналы. Немалую роль сыграли дополнительные потери воды на испарение с поверхности водохранилищ, построенных в бассейнах Амударьи и Сырдарьи. Интенсивность понижения с 1961 по 1965 гг. составила в среднем 22 см/год , а в период с 1965 по 1970 гг. – 18 см/год (небольшое его повышение произошло лишь в 1970 г. после экстремально многоводного 1969 г.). Таким образом, за десятилетний период уровень моря понизился на 2 м , при среднем притоке речных вод к морю около $43 \text{ км}^3/\text{год}$. В следующее пятилетие (1971...1975 гг.) уровень моря снизился еще на $2,4 \text{ м}$, а среднегодовая величина его падения составила 48 см/год . Начиная с 1975 года, падение уровня ускорилось – примерно 68 см/год . К концу 1985 г. уровень моря снизился до отметки примерно – $41,4 \text{ м}$, или на $11,6 \text{ м}$ по сравнению с его средним многолетним значением за 1911...1960 гг. (рис. 1). В 1981...1986 гг. в ряде лет сток полностью отсутствовал, а его среднее значение в эти годы составляло около $1,7 \text{ км}^3/\text{год}$. Одновременно более чем в 3 раза сократился объем воды в Аральском море (до 330 км^3) и почти в 2 раза площадь водоема (до 36500 км^2). Средняя глубина уменьшилась с $16,1$ до $9,0 \text{ м}$ [1, 3].

Площадь Малого моря сократилась до 3500 км^2 , а объем вод – до 28 км^3 . Малое и Большое моря соединялись между собой проливом Берга, ширина которого, в связи с падением уровня моря уменьшилась

на 10 км, а максимальные глубины на 12 м. Пролив Аузы-Кокарал, соединяющий с западной стороны Малое и Большое моря высох, а о. Кокарал стал полуостровом.

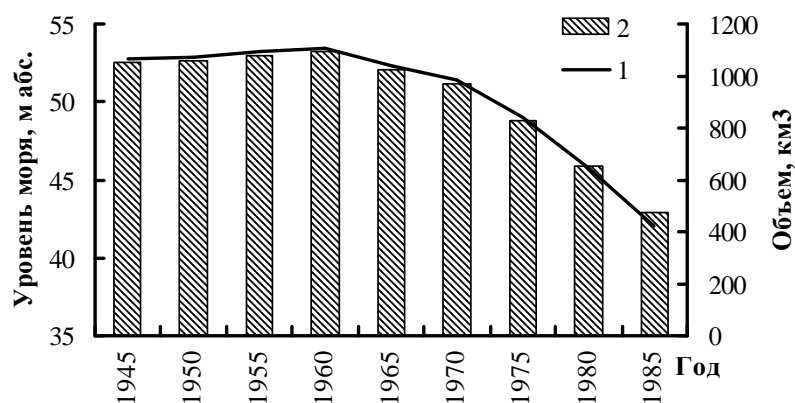


Рис. 1. Изменение уровня и объема Аральского моря с 1945 по 1985 гг.
1 – уровень моря, 2 – объем.

Наиболее наглядно изменение размеров Аральского моря за этот период демонстрирует рис. 2.

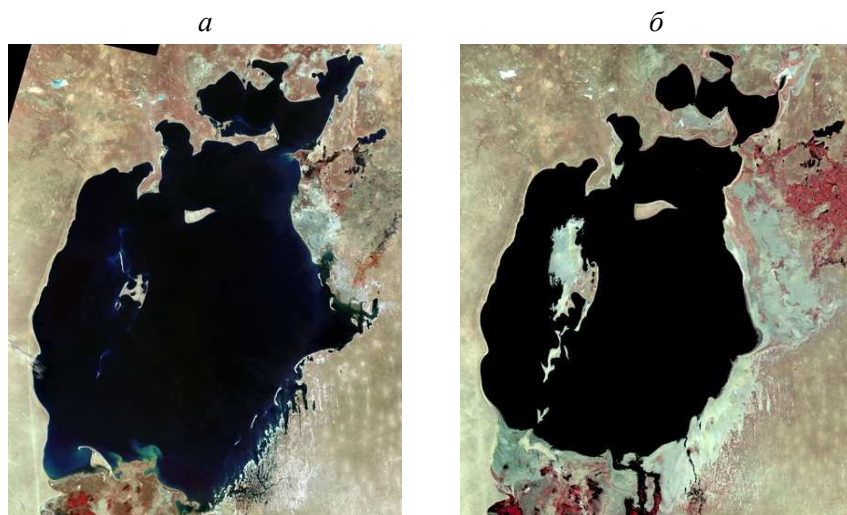


Рис. 2. Изменение очертания береговой линии Аральского моря за период с 1973 по 1987 г. а – 1973 г., б – 1987 г. (снимки NASA).

В связи с падением уровня Аральского моря менялось очертание береговой линии, особенно в мелководных восточных, юго-восточных и южных районах моря. Для того чтобы проанализировать, как смещается береговая линия, была создана модельная батиметрическая карта Аральского моря (рис. 3).

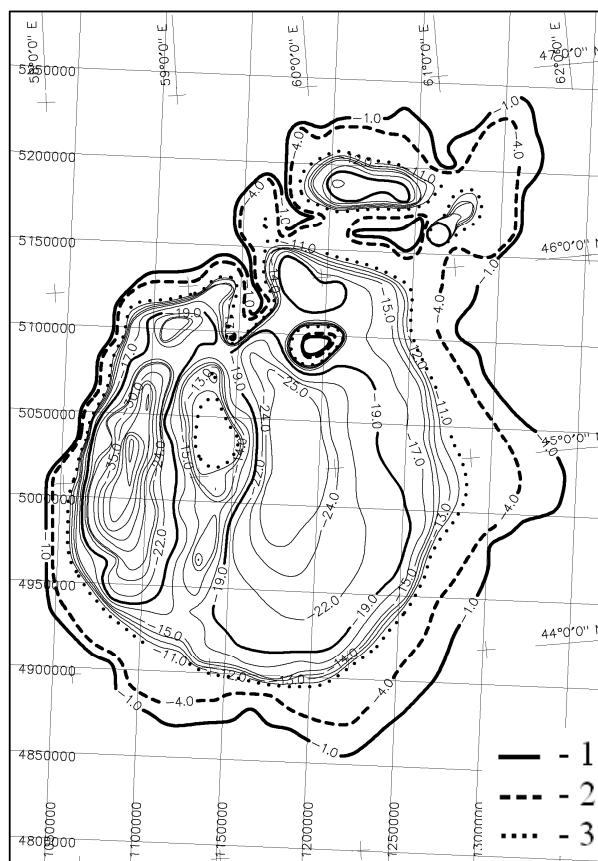


Рис. 3. Батиметрическая модель Аральского моря. Положение береговой линии: 1 – 1965 г., 2 – 1975 г., 3 – 1985 г.

Эта работа проводилась в два этапа. Первый этап заключался в анализе имеющихся топографических материалов и космических снимков. В качестве базовой была использована карта российского Государственного океанографического института (ГОИН), составленная в 1981 г. по навигационным морским картам. Второй этап – в оцифровке карт, последующей их обработке и редактировании средствами гидродинамической модели.

Для построения модельной батиметрической карты Аральского моря необходимо было определить размер сетки модели, её протяженность, ширину и ориентацию. При изображении рельефа горизонталями особое внимание уделялось изгибам, которые должны характеризовать определенную форму рельефа и соответствовать его поперечному профилю. Чтобы иметь возможность соединить отдельные топографические карты, счет горизонталей велся от одной уровневой поверхности (минус

53,00 м). Эта отметка соответствует нулевому значению на модельной карте. Карта создавалась с использованием датской технологии MIKE 21.

Для наглядности на карту линиями различного стиля было нанесено положение береговой линии в различные годы периода наиболее интенсивного падения уровня моря: отчетливо видно, что, по мере снижения уровня моря, береговая черта выдвинулась в водоем, изменилось и географическое расположение водоема.

Снижение уровня моря продолжалось и к концу 1987 г. уровень моря достиг критической отметки 40 м абс., при которой произошло разделение водоема на две части – Большое и Малое моря. Однако, разделение было неустойчивым и в условиях относительной многоводности в 1987 и 1988 гг. воды Сырдарьи и Амударьи доходили до моря. Сток Сырдарьи в эти годы оставлял соответственно 1,2 и 6,2 км³, а Амударьи – 8 и 16 км³. Так, в 1988 г. часть стока р. Сырдарьи через пролив Берга поступала в Большое море. Тем не менее, уровень Большого моря продолжал снижаться, и к концу 1989 г. вновь произошло разделение на Малое и Большое моря. При этом уровень Большого моря снизился до отметки 38,6 м абс., а уровень Малого моря находился на отметках около 39,5 м абс. Площадь Большого моря к началу 1990 г. составляла примерно 33,5 тыс. км², объем 310 км³, а средняя соленость около 30 ‰. Площадь Малого моря составляла около 3 тыс. км², объем 20 км³ [2].

Весной 1990 г. и летом 1992 г. в районе пролива Берга также образовался узкий канал, который обеспечивал сток воды из Малого моря в Большое. В июле 1992 г. этот канал был перекрыт песочной дамбой, высота которой составляла около 1 м с целью контроля уровня воды в Малом море. Однако вскоре дамба была разрушена давлением воды. Затем была построена двухметровая дамба, которая просуществовала в течение 9 месяцев. В марте 1993 г. уровень воды в Малом море повысился более чем на 1 м, и она также была разрушена. Позднее, в период с 1993 до 1999 г. местные власти еще пару раз воздвигали и укрепляли дамбу в проливе Берга [3-4]. В итоге этого уровень Малого Арала весной 1999 г. достиг отметки 42,0...42,6 м (согласно разным источникам). В апреле 1999 г., когда давление воды и влияние волновой деятельности достигли критического уровня, эта дамба снова была разрушена. В итоге уровень Малого Аральского моря снова упал и колебался в 1999 г. около отметки 40 м.

В 2001 г., при поддержке Всемирного банка, было начато строительство Кок-Аральской плотины, а также ряда дамб и каналов, в целях

восстановления уровня воды в северной части Аральского моря. В августе 2005 г. была перекрыта протока между Большим и Малым морями и завершено строительство Кок-Аральской разделительной плотины. Высота гребня плотины — 6 м (45,5 м абс), наполнение Малого моря предполагается до отметок 42,2 м абс. После её возведения северная часть моря практически вошла в свои новые берега, уровень Малого моря сразу стал повышаться и за период с августа по декабрь 2005 г. вырос на 1 м (рис. 4).

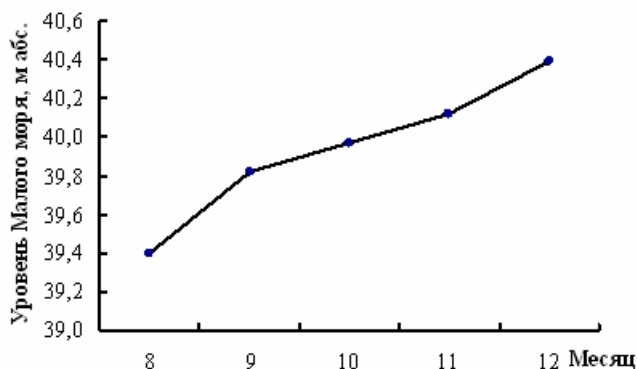


Рис. 4. Изменение уровня Малого Арала в 2005 г. после строительства Кок-Аральской плотины.

В марте 2006 г. уровень моря достиг отметки 41,8 м (рис. 5), а затем стал опять снижаться и к ноябрю достиг отметки 41,1 м. В первой половине 2007 г. уровень не превышал отметки 41,25 м. Начиная со второй половины 2007 г., в соответствии с данными поста Тастубек, уровень Малого моря колеблется около отметки 42,0 м. Площадь его акватории за этот период увеличилась примерно на 900 км².

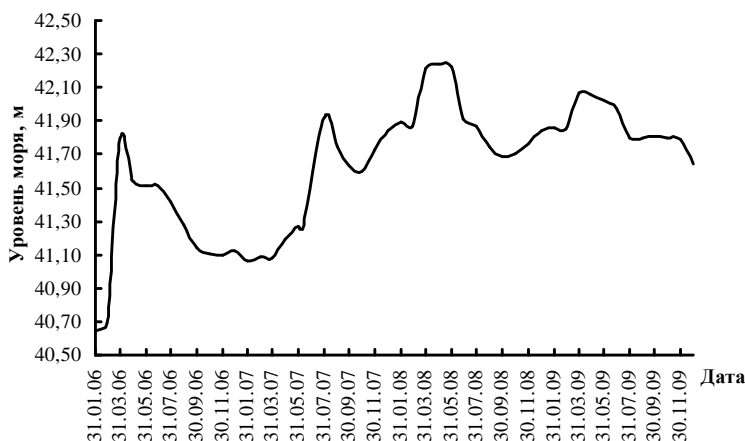


Рис. 5. Колебание уровня Малого Арала в период с марта 2006 г. по декабрь 2009 г. включительно.

Анализ космических снимков Аральского моря за период с 2001 по 2009 гг. показывает, что уровень в Малом Арале стабилизировался, в то время как Большой Арал продолжал сокращаться быстрыми темпами. Восточная часть Большого Арала исчезла, осталось только западная глубоководная часть (рис. 6в).

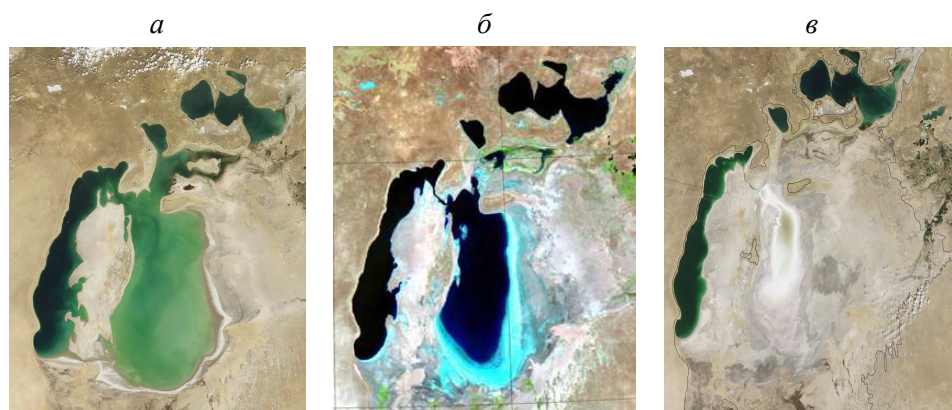


Рис. 6. Динамика изменения зеркала Аральского моря за период 2001...2008 гг. по данным космических снимков MODIS Terra и MODIS Aqua. (Проект «MODIS Rapid Response Project at NAGA/GSFC» разрешением 1 км). а – 2001 г., б – 2006, в – 2009 г.

Западная часть Большого Арала тоже уменьшилась в размерах. На рис. 7 приведены продольные разрезы западной части Большого Арала в условно-естественный период и период максимального падения уровня в одном масштабе и по одной и той же линии разреза (по модельной карте от точки с координатами 57,52° в.д. и 43,45° с.ш. под углом 30°). Отчетливо видна деградация размеров и глубин моря.

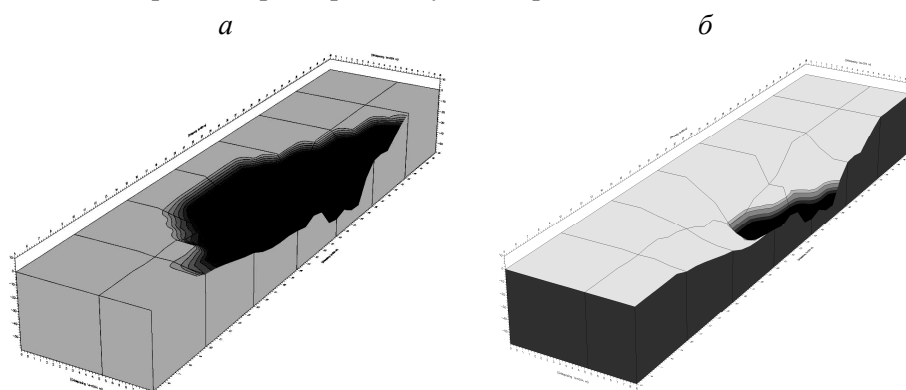


Рис. 7. Продольные разрезы западной части Большого Арала в условно-естественный период (а) и в период максимального падения уровня (б).

Современный уровень, оставшейся части Большого Арала, в соответствии с данными узбекского поста Актумсук и казахстанского поста Куланды находится в районе отметок 26...28 м БС.

Согласно расчётам учёных, спасти Аральское море уже невозможно. Даже если полностью отказаться от забора воды из Амударьи и Сырдарьи, то прежний уровень воды в нём восстановится не ранее, чем через 200 лет [7]. В настоящее время стоит задача сохранить его отдельные части. Для этого очень важно объединить усилия научного сообщества для выработки новых подходов в решении проблемы Аральского моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрометеорологические проблемы Приаралья / Под ред. Г.Н. Чичасова. Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 227 с.
2. Израэль Ю.А., Анохин Ю.А. Проблемы оценки экологических, социальных и экономических последствий деградации окружающей природной среды в Приаралье / В кн. Мониторинг природной среды в бассейне Аральского моря. – 1991. – С. 4-6.
3. Михайлов В.Н., Гуров Ф.Н. О причинах падения уровня Аральского моря // Вестник МГУ. Сер. География. – №4. – 2000. – С. 7-12.
4. Михайлов В.Н., Кравцова В.И., Гуров Ф.Н., Марков Д.В., Грегуар М. Оценка современного состояния Аральского моря // Вестник МГУ. Сер. География. – 2001. – №6. – С. 14-21.
5. Проект «Моря». Гидрометеорология И Гидрохимия Морей. – Т. VII. Аральское Море. – Спб: Гидрометеиздат, 1990. – С. 29-43.
6. Свиточ А.А. История Позднего Аральского Моря / Аридные Экосистемы. – Т. 15. – N 2(38). – 2009. – С. 5-17.
7. The Aral Sea Disaster. Philip Micklin In Annual Review Of Earth And Planetary Sciences, Vol. 35, Pp. 47-72; 2007.

Республиканское Государственное Предприятия «Казгидромет»

АРАЛ ТЕҢІЗІНІҢ ДЕҢГЕЙІНІҢ ҚАЗІРГІ ӨЗГЕРУ ДИНАМИКАСЫ

Геогр. ғылымд. канд. Н.И. Ивкина
Техн. ғылымд. канд. С.П. Шиварёва

Мақалада аспаптық бақылау кезеңіндегі Арал теңізінің деңгейінің өзгеруі қарастырылды. Теңіз деңгейінің төмендеуімен байланысты жағалық сызықтар әсіресе, шығыс таяз сулы, оңтүстік-шығыс және оңтүстік теңіз аудандарында өзгерді. Көрнекі таныстыру мақсатында Арал теңізінің модельді батиметрлік картасы келтірілген.

УДК 556.16. (282.255.45.)

ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НИЗОВЬЯ Р. ШУ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТАСОТКЕЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.М. Бажиева

Доктор техн. наук М.Ж. Бурлибаев

В статье рассматривается изменение гидрологического режима низовья р. Шу под влиянием Тасоткельского водохранилища, которое играет значительную роль в жизнедеятельности экосистемы. Выявлено, что уменьшение расходов воды значительно сказывается не только на уровенный режим, но и на сток наносов и мутность.

С вводом в 1975 г. Тасоткельского водохранилища, на долю которого приходится основная зарегулированность водотока, гидрологический режим полностью нарушен. При определении начала хозяйственной деятельности, связанной с крупными заборами воды из р. Шу, необходимо помнить о Чумышском ирригационном узле и об Ортогойском водохранилище, хотя их влияние на общий водный потенциал не так велико, как Тасоткельского водохранилища. Поэтому в нашем случае приводимые периоды естественного гидрологического режима можно назвать условными.

С каждым годом водозабор, за счет расширения площадей под орошение в верховьях, и особенно в среднем течении, все возрастает и имеет значительное влияние на затопление поймы в низовьях.

Изменения, произошедшие в гидрологическом режиме р. Шу в последние десятилетия, привели к полнейшей деградации не только дельтовой части, но и затапливаемых пойменных лугов. Изменения в естественном гидрологическом режиме, заключаются в выравнивании внутригодового распределения за счет срезки пика весеннего половодья и паводка для их аккумуляции.

Как показывают исследования, основная масса воды смещается на осенне-зимне-весенний период (сентябрь – апрель). Кривая процентного соотношения стока за сентябрь – апрель к общегодовому с каждым годом все поднимается, а кривая за май – август имеет тенденцию к падению. Соответственно, приход воды в осенне-зимний период за счет обратного выклинивания ирригационно-грунтовых вод в русло, также возрастает. Объем воды, поступающий ежегодно в низовья, подвержен значительным колебаниям.

В общем, объем воды в низовье зависит от объема и сроков поступления в Фурмановскую дельту. Гидрографы низовьев и верховьев реки резко противоположны. Периоду паводка в горах соответствует межень в низовьях, и наоборот, межённому периоду в верховьях – паводок в низовьях [3]. Максимальный расход приходится в верховьях на июль – август, и составляет 51,6 м³/сек (с. Кочкорка). Начиная с пограничного створа (с. Благовещенское) летних максимумов не наблюдается. Максимальные расходы зарегистрированы только в зимне-весеннее время (97,29 м³/сек). В нижнем течении (с. Амангельды) максимальные расходы наблюдаются в феврале – 122,41 м³/сек, а минимальные в июле (4,48 м³/сек). Объем воды, поступающий в Уланбельскую дельту и ниже, зависит от объема поступающего в Фурмановскую дельту. Половодье в Уланбельских разливах проходит позднее и, естественно, более бурно. Максимальный расход отмечается в марте и достигает в среднем за месяц 151,5 м³/сек. К концу июня сток резко сокращается и практически опускается к нулю.

По расчетам М.Ж. Бурлибаева срезка весеннего половодья и паводка составляет 88,2 %; в апреле – 90,6 %; в мае – 92,3 %. При этом необходимо учесть, что три весенние месяца формировали при естественном гидрологическом режиме, около 40 % годового стока и именно на их долю приходилось продолжительное затопление пойменных лугов.

Основная причина отсутствия затопления пойменных лугов кроется именно в аккумуляции основной части весеннего стока и в ее последующим безвозвратном потреблении для целей орошения. Разумеется, что вышеприведенные характеристики срезки весеннего стока выявлены для реального года, соответствующего средней обеспеченности (P = 50 %). Характер влияния хозяйственной деятельности при интервале водообеспеченности от 75 % до 95 % еще более губителен для пойменных лугов в низовьях реки, в районе ГП Фурмановка и Уланбель сток практически отсутствует [1].

Для восстановления дельты и низовий р. Шу необходимо более эффективно использовать сток, а также сточные воды промышленности, городов и поселков. Проработать вопросы глубокого регулирования стока реки водохранилищем и разработать влагосберегающие технологии орошения для резкого снижения забора воды из реки [2].

Биопродуктивность природных комплексов реки наравне с гидрологическим режимом, также зависит от стока взвешенных наносов и гидрохимического режима самой реки. Как отмечалось ранее, вследствие зарегулированности стока водохранилищами и из-за безвозвратного потреб-

ления воды для целей орошения, произошли коренные изменения в естественном гидрологическом режиме, заключающиеся в выравнивании внутригодового распределения за счет срезки пика весеннего половодья и паводка для их аккумуляции. Сток взвешенных наносов, как и водный сток реки, является одним из ведущих факторов литоморфогенеза и почвообразования не только в дельтовых участках, но и на заливаемых пойменных угодьях реки. Кроме того, сток взвешенных наносов, транспортируемый речным стоком, является одним из основных показателей ирригационного качества вод по содержанию элементов питания растений. В настоящее время, наравне с водным стоком, сток взвешенных наносов претерпел коренное изменение.

До ввода в эксплуатацию Тасоткельского водохранилища (в условно-естественный период гидрологического режима), в среднемноголетнем разрезе за период весеннего половодья, в створе ГП Чапаево сток взвешенных наносов составлял 0,65 млн. т в год. При измененном гидрологическом режиме этот сток составляет 0,090 млн. т в год, что в семь раз меньше первоначального показателя. Кроме объема стока взвешенных наносов основную роль играет его гранулометрический состав. Содержание взвешенных наносов диаметром менее 0,01 мм, представляющих самую ценную часть, уменьшилось в шесть раз, тогда как другие крупные фракции увеличились более чем в 2 раза [1].

По нашим исследованиям основную роль в сокращении твердого стока играет понижение жидкого стока под влиянием хозяйственной деятельности человека. Зависимость стока взвешенных наносов от расхода воды в створе свх. Амангельды характеризуется теснотой связью, где корреляционные отношения колеблются при условно-естественном гидрологическом режиме в пределах 0,70...0,96. В современных условиях в годы с $P = 25\%$ обеспеченностью связи нет, а в среднемноговодные, среднемаловодные и маловодные годы корреляционное отношение в пределах 0,76...0,95.

Уменьшения расходов воды (Q) за выделенные периоды значительно сказываются не только на уровне (H), но и на расходах наносов (R) и мутности (S). Причем оказывают влияние и сами уменьшающиеся численные значения расходов воды.

Уменьшения Q влияет на транспортирующую способность потока, а поэтому R и S претерпевают значительно большие изменения, чем Q (табл.).

Таблица

Влияние регулирования стока Тасоткельским водохранилищем и увеличение антропогенной нагрузки на р. Шу

Период	$Q_{cp}, м^3/с$	$R_{cp}, кг/с$	$H_{cp}, см$	$S_{cp}, г/м^3$
P = 25 %				
Условно-естественный	82,33	108,14	302,00	1237,25
Нарушенный	57,30	8,91	111,83	135,92
Соответствующие отношения	25,03	99,23	190,17	1101,33
P = 50 %				
Условно-естественный	67,49	49,51	322,58	850,00
Нарушенный	35,68	9,50	91,08	166,00
Соответствующие отношения	31,81	40,01	231,50	684,00
P = 75 %				
Условно-естественный	58,03	45,80	292,75	353,17
Нарушенный	27,17	3,82	82,00	87,91
Соответствующие отношения	30,87	41,98	210,75	265,26
P = 95 %				
Условно-естественный	35,92	14,08	281,33	229,50
Нарушенный	17,20	2,25	83,92	89,58
Соответствующие отношения	18,72	11,83	197,42	139,92

Необходимо отметить, что при условно-естественном гидрологическом режиме сток взвешенных наносов представлял собой продукт вымывания и смыва со всей площади водосбора (в основном в зоне формирования стока). При нарушенном стоке наносы представляют собой результат переработки берегов самого водохранилища и речных русел, вследствие водной эрозии из-за больших скоростей водного потока при сбросе из водохранилища. Эти взвешенные наносы для травостоя заливных пойменных лугов прежних ирригационных качеств не имеют и, как носители элементов питания растений не представляют такой ценности, как взвешенные наносы, являющиеся результатом эрозии всего водосбора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М. Ж. Биопродуктивность травостоя пойменных лугов р. Шу как индикатор динамического развития речной экосистемы // Гидрометеорология и экология. – 1998. – № 1-2. – С. 79-93.
2. Заурбек А. К. Водный баланс природоохранных попусков р. Шу // Гидрометеорология и экология. – 2005. – № 1. – С. 88-93.
3. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. – 129 с.

Казгидромет, г. Алматы

Казахстанское агентство прикладной экологии, г. Алматы

ТАСӨТКЕЛ СУҚОЙМАСЫНЫҢ ӘСЕРІНЕН ШУ ӨЗЕНІНІҢ ТӨМЕНГІ АҒЫСТАҒЫ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ТӘРТІБІНІҢ ӨЗГЕРУІ

А.М. Бажиева

Техн. ғылымд. докторы М.Ж. Бурлибаев

Мақалада Тасөткел суқоймасының әсерінен Шу өзені экожүйесінің тіршілігінде ерекше роль атқаратын гидрологиялық тәртібінің өзгеруі қарастырылған. Ағындының азайуы, тек деңгейлік тәртіпке ғана емес, сонымен қатар жүзгін шығарындылардың және лайланушылықтың өзгеруіне әкеп соққаны анықталды.

УДК 556.535.3(574)

МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК ВЕРХНЕГО ИРТЫША В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

В.Г. Ушаков

По восстановленным многолетним рядам максимальных расходов воды весеннего половодья анализом разностных интегральных кривых определены ряды лет увеличения и уменьшения максимального стока

Изучение максимального стока более чем актуально сегодня, ввиду того, что на территории Казахстана, именно с последствиями экстремальных расходов воды чаще всего связаны крупные экологические катастрофы, человеческие жертвы и значительный ущерб хозяйственной деятельности.

Недостаток сведений о пространственной и временной изменчивости характеристик максимального стока значительно затрудняет решение вопроса не только рационального водопользования, но и эффективного проведения водоохранных мероприятий. Изучение и оценка максимального стока в современных условиях возрастающего дефицита водных ресурсов, ухудшения экологического состояния водных систем и отдельных водных объектов в районах интенсивного водопотребления, к которым относится бассейн р. Иртыш, является особенно важным и требует тщательного и систематического комплексного исследования.

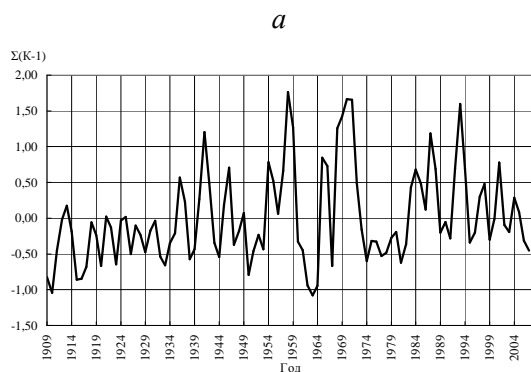
Практическая важность изучения и анализа многолетних колебаний величин годового стока определяется тем, что от их значений зависит размер отверстий плотин, мостов и прочих гидротехнических сооружений, а часто эффективность всего сооружения в целом. Научное значение этой проблемы определяется ролью паводков в формировании режима рек, а также ее центральным положением среди других проблем гидрологии и смежных с нею дисциплин.

При исследовании многолетних колебаний максимального стока в качестве исходных материалов были использованы данные, опубликованные в Справочниках «Основные гидрологические характеристики» и дополненные наблюдениями по 2008 год включительно. Для выявления и анализа изменений величин максимального стока в бассейне Верхнего Иртыша применены методы анализа разностных интегральных кривых мак-

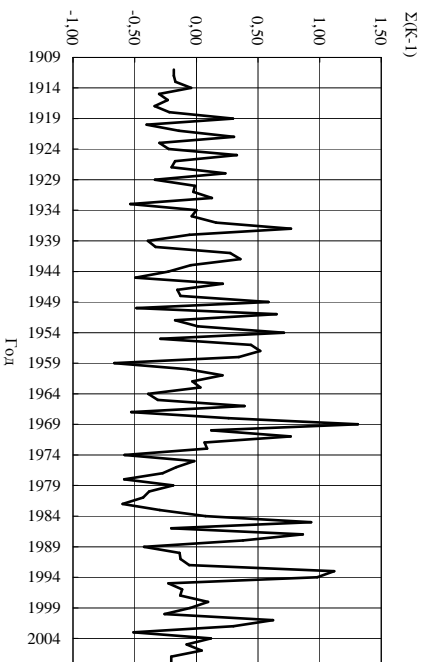
симальных годовых расходов воды рек Ульбы, Малой Ульбы, Бухтармы, Куршима, Калжыра, Журавлихи. Такие методы используются для сглаживания рядов при исследовании закономерностей их колебаний. По В.Г. Андрянову разностные интегральные кривые более четко, чем скользящие средние выделяют периоды повышенного и пониженного стока [1]. По разностным кривым также, удобно выполнять сопоставление многолетних колебаний разных факторов при установлении их взаимосвязи [2, 3]. Опорные гидрометрические створы для анализа многолетних колебаний максимального стока выбирались по наличию наиболее длительных рядов наблюдений. В процессе работы предварительно были восстановлены пропуски в рядах максимальных годовых расходов воды по корреляционным связям (табл. 1).

На основе анализа материалов многолетних наблюдений, с помощью метода разностных интегральных кривых максимального стока рек бассейна р. Иртыш с большой вероятностью установлено, что максимальный сток, как и годовой, подвержен изменениям с определенной цикличностью. Но следует отметить что, исследование естественных многолетних колебаний максимального стока, в целях изучения природных закономерностей, должно производиться на основе условно-естественного режима стока, неизмененного влиянием озер, водохранилищ и гидротехнических сооружений [4, 5].

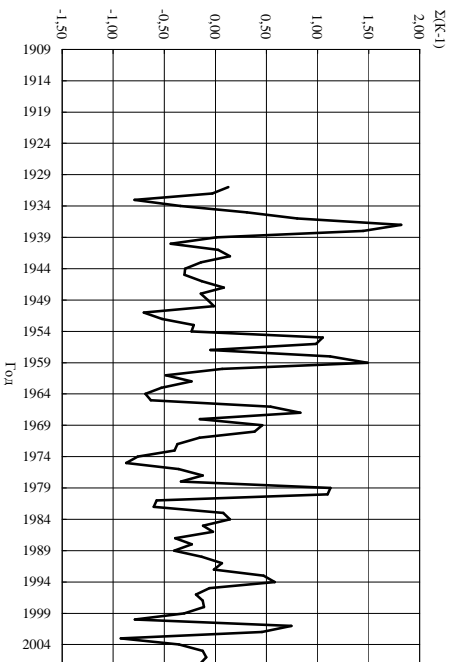
Восстановленные длительные ряды данных по рекам Ульба, Малая Ульба, Бухтарма, Куршим, Калжыр (рис. 1) свидетельствуют о последовательном увеличении максимального стока до начала 60-х и последующем его уменьшении (только на р. Бухтарме увеличение слабо выражено), которое по одним постам продолжается и сейчас, а по другим не выражено с середины – конца 90-х гг.



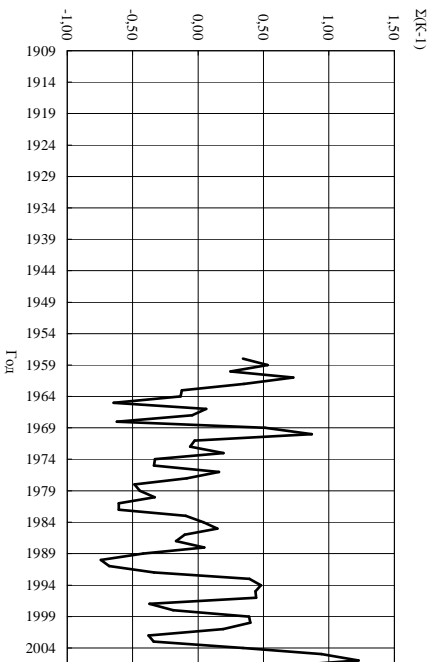
6



8



2



д

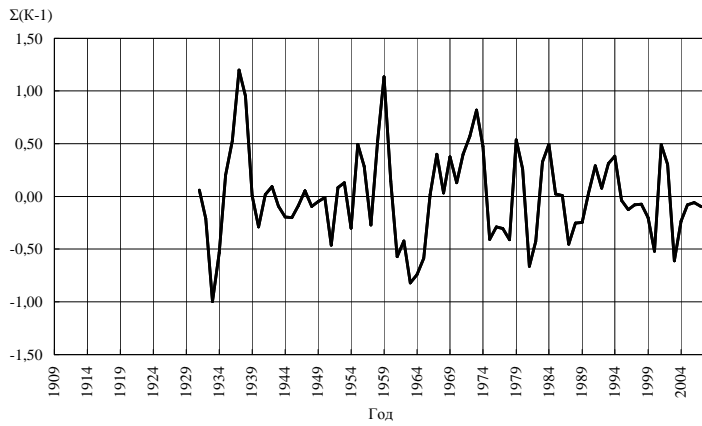


Рис. 1. Разностные интегральные кривые максимальных расходов воды весеннего половодья. а – р. Калжир – с. Черняевка; б – р. Куришим – с. Вознесенка; в – р. Ульба – с. Ульба Каменный Карьер; г – р. Бухтарма – с. Берель; д – р. Малая Ульба – с. Горноульбинка.

Метод разностных интегральных кривых иллюстрирует колебания относительно выборочного среднего. Поэтому при использовании рядов различной длительности, некоторое несоответствие во времени переломных точек еще не свидетельствует о различиях в многолетнем ходе характеристик стока (рис. 2).

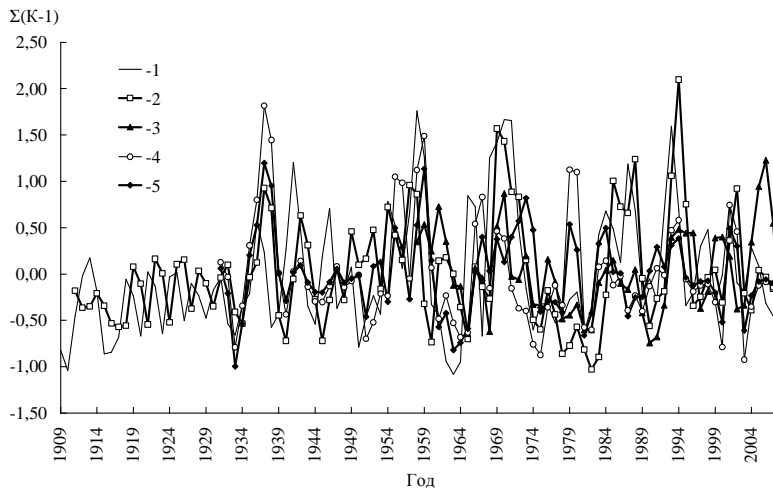


Рис. 2. Совмещенные разностные интегральные кривые максимальных расходов воды весеннего половодья. 1 – р. Калжир – с. Черняевка; 2 – р. Куришим – с. Вознесенка; 3 – р. Бухтарма – с. Берель, 4 – р. Ульба – с. Ульба Перевалочная; 5 – р. Малая Ульба – с. Горноульбинка.

Таблица 1

Восстановленные и дополненные ряды максимальных расходов воды весеннего половодья рек бассейна
Верхнего Иртыша по методу аналогии

Река-пункт	Период наблюдения	Восстановленные годы	Река-пункт-аналог	Коэффициент корреляции
р. Калжыр – с. Калжыр	1911...1916, 1937...1959	1917...1936	р. Иртыш – г. Усть-Каменогорск	0,72
р. Калжыр – с. Калжыр	1960...1996, 1998...2000, 2002...2005	1997,2001, 2006...2008	р. Иртыш – с. Буран	0,74
р. Куршим – с. Вознесенское	1911...1916, 1935...1959	1917...1934	р. Иртыш - г. Усть-Каменогорск	0,75
р. Куршим – с. Вознесенское	1960...1997, 1999...2008	1998	р. Иртыш – с. Буран	0,74
р. Бухтарма – с. Берель	1958...1997, 2005...2008	1998, 2000...2004	р. Бухтарма – с. Печи	0,79
р. Ульба – ст. Ульба Перевалочная	1942...1959	1940, 1941	р. Иртыш – г. Усть-Каменогорск	0,71
р. Малая Ульба – с. Горно- Ульбинка	1931...1933,1 952...1991	1934...1951, 1992...2008	р. Ульба – с. Ульба Перевалочная	0,79

Здесь прослеживается относительная синхронность в многолетнем разрезе, хотя и приведены данные по рекам, расположенным в различных водных бассейнах. Р. Калжир зарегулирована оз. Маркаколь, в верховьях р. Ульбы с 30-х годов прошлого столетия осуществляется внутриводосборная переброска стока в Риддерской межгорной котловине. Р. Малая Ульба зарегулирована Малоульбинским водохранилищем. И только реки Бухтарма и Куршим практически не подвержены антропогенному воздействию.

Синхронность многолетних колебаний максимального стока объясняется аналогичностью физико-географических условий в зонах формирования стока, сравнимыми количественными показателями основных источников питания рек и как следствие близкими значениями модулей и слоев стока. По разностным интегральным кривым максимальных расходов воды для каждой реки выделены несколько периодов с положительной и отрицательной динамикой многолетнего хода максимального стока (табл. 2).

Таблица 2

Ряды лет увеличения и уменьшения максимального стока

Река – пункт	Период, год	Характерные периоды максимального стока, год	
		увеличение	уменьшение
р. Калжыр – с. Калжыр	1909...2008	1909...1942, 1951...1959, 1964...1972, 1982...1994	1942...1951, 1959...1964, 1972...1982, 1994...2008
р. Куршим – с. Вознесенка	1911...2008	1933...1954, 1959...1969, 1982...1993	1911...1933, 1954...1959, 1969...1982, 1993...2008
р. Ульба – с. Ульба Перевалочная	1931...2008	1933...1937, 1951...1959, 1975...1994	1931...1933, 1937...1951, 1959...1975, 1994...2008
р. Бухтарма – с. Берель	1958...2008	1965...1970, 1990...2006	1958..1965, 1970...1990, 2006...2008

Река – пункт	Период, год	Характерные периоды максимального стока, год	
		увеличение	уменьшение
р. Малая Ульба – с. Горноульбинка	1931...2008	1931...1959, 1963...1973, 1981...2001	1959...1963, 1973...1981, 2001...2008

Проведение анализа многолетнего хода максимального стока за предыдущие годы позволяет оценивать и прогнозировать с определенной заблаговременностью и достаточной точностью возможные интервалы значений максимальных расходов воды. Что в свою очередь дает лучшие результаты при проектировании гидротехнических сооружений, предупреждении негативных последствий наводнений при экстремально высоких подъемах уровня воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.Г. Циклические колебания годового стока и их учет при гидрологических расчетах. // Труды ГГИ. – 1959. – Вып. 68. – С. 3-49.
2. Дружинин И.П., Смага В.Р., Шевнин А.Н. Динамика многолетних колебаний речного стока. – М.: Наука, 1991. – 175 с.
3. Раткович Д.Я. Многолетние колебания речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 254 с.
4. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 301 с.
5. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 333 с.

Восточно-Казахстанский Центр гидрометеорологии, г. Усть-Каменогорск

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ АУМАҒЫНДАҒЫ ӨЗЕНДЕРДІҢ КӨКТЕМГІ СУ ТАСҚЫНЫНЫҢ МАКСИМАЛДЫ СУ ШЫҒЫНЫНЫҢ КӨП ЖЫЛДЫҚ ҚҰБЫЛУЫ

В.Г. Ушаков

Көктемгі тасқын су кезіндегі ең жоғарғы мәндегі су шығындарының қалпына келтірілген көпжылдық қатарының айырмашылық интегральды қисығын талдау нәтижесінде, жоғарғы ағын мәндерінің өсу және кему қатарлары анықталды.

УДК 556.048

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ СТОКА ПО ДЛИНЕ РЕКИ СЫРДАРЬЯ В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Канд. геогр. наук В.П. Попова
А.Н. Мусенова

Определены потери стока по участкам и по длине р. Сырдарья, проведен анализ изменения стока реки от нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до с. Каратерень (впадения в Малый Арал) в периоды с различным уровнем хозяйственной деятельности. Приведено внутригодовое распределение стока р. Сырдарья для разных периодов и лет различной водности.

Основной источник питания Малого Арала – трансграничная река Сырдарья. Её бассейн расположен на территории 4-х государств: Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана и Казахстана. Водные ресурсы р. Сырдарьи формируются, в основном, за пределами Казахстана: свыше 74 % приходится на Кыргызстан (р. Нарын); около 14 % – на Узбекистан, около 3 % – на Таджикистан, на долю Казахстана приходится 9 % (реки Арысь и Келес). Верховья р. Сырдарья зарегулированы каскадом водохранилищ многолетнего и сезонного регулирования: Токтогульское, Андижанское, Чарвакское, Кайракумское и Шардаринское, общим объемом 32 км³ в год [4].

Гидрологические наблюдения на р. Сырдарье (на территории Казахстана) начали проводиться с 1912 г. в г. Казалинске, а с 1914 г. на ж.-д. ст. Тюмень-Арык. Начиная с 1947 года, количество гидрологических постов увеличилось, наблюдения за стоком реки стали практически непрерывными. Наибольшее количество гидрологических постов (более 20) было в 40...50 гг. прошлого столетия. Затем в 90-е годы количество пунктов наблюдений сократилось. В последние годы сеть гидрологических наблюдений на р. Сырдарье восстанавливается, и по данным РГП «Казгидромет» на 01.01.2009 г., наблюдения проводятся на 11 гидропостах, включая притоки (табл. 1).

Сток в Шардаринское водохранилище складывается из стока рек Сырдарья – выше устья р. Келес и р. Келес – устье. В результате проведенного анализа с помощью двойных и разностных интегральных кривых, имеющийся ряд наблюдений за стоком был разбит на два периода: условно-естественный с 1910 по 1970 гг. и период устойчивого водопотребле-

ния с 1976 по 2008 гг. С 1971 г. по 1975 г. наблюдался период с неустойчивым водопотреблением. Выполненные расчеты показали, что в период естественных условий приток в Шардаринское водохранилище составил 22,9 км³/год, а в период устойчивого водопотребления эта величина равна 15,8 км³/год. Таким образом, уменьшение притока за эти два периода составило 7,14 км³/год.

Таблица 1

Сведения о гидрологических постах на р. Сырдарье, находящихся в ведении РГП «Казгидромет»

Пост	Расстояние от устья, км	Период действия	
		открыт	закрит
нижний бьеф Шардаринского вдхр.	1633	25.08.1959	действует
уч. Коктюбе	1281	12.08.1974	действует
ж.-д. ст. Тюмень-Арык	996	25.10.1913 (09.07.1926)	действует
раз. Кергельмес	804	30.12.1961	действует
пгт. Тасбугет	-	11.1980	действует
ж.-д. ст. Караозек (Кара-Узьяк)	684	03.11.1913	действует
пгт. Джусалы (Кармакчи), в 0,3 км ниже устья протоки Караозека	494	15.02.1961 (01.10.2008)	01.03.1998
г. Казалинск	181	28.06.1911	действует
с. Каратерень	-	01.01.1993	действует
прот. Караозек – ж.-д. ст. Караозек	187	03.11.1913 (24.05.1923)	действует
прот. Караозек – пгт Джусалы	0,8	31.10.1913 (01.10.2008)	01.03.1998

В процессе выполнения данной работы пропуски в наблюдениях за годовым стоком были восстановлены. Для этого использовались уравнения зависимости годового стока восстанавливаемых рек с реками-аналогами по уравнениям регрессии, а также использованы зависимости среднегодового стока со стоком за отдельные месяцы. В качестве аналогов использованы наблюдения на выше расположенных створах. В ходе выполнения работы восстановлены среднегодовые значения расходов воды и рассчитаны статистические характеристики р. Сырдарьи для 11 гидрологических постов за период с 1910 по 2008 гг. (табл. 2).

Для анализа изменений стока по длине реки были использованы данные о годовом стоке р. Сырдарьи по различным гидрологическим постам, расположенным в пределах Республики Казахстан [1, 2].

Таблица 2

Статистические характеристики стока р. Сырдарьи в различных створах

Река - пункт	Характеристики стока			
	Норма, м ³ /с	C _v	C _s /C _v	C _s
нижний бьеф Шардаринского вдхр.	440	0,40	2,75	1,10
уч. Коктюбе	419	0,40	1,90	0,76
ж.-д. ст. Тюмень-Арык	365	0,50	1,80	0,90
раз. Кергельмес	323	0,52	2,50	1,30
пгт Тасбугет	229	0,63	1,90	1,20
ж.-д. ст. Караозек	193	0,65	2,00	1,30
прот. Караозека, ж.-д. ст. Караозек	33	0,68	1,90	1,29
г. Казалинск	141	0,85	1,90	1,62
с. Каратерень	129	0,81	2,50	2,03
пгт Джусалы	168	0,68	2,00	1,36
прот. Караозека – пгт Джусалы	185	0,47	2,00	0,94

Изменения годовых величин бытового стока р. Сырдарьи от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до г. Казалинска за годы с различной водностью показаны на рис. 1. Как видим, в различные годы потери стока по длине реки уменьшались. В 1969 г., когда наблюдалась максимальная водность, потери стока, составили 363 м³/с. При этом наиболее резкое уменьшение годового стока отмечалось на участке от ж.-д.ст. Тюмень-Арык до с. Джусалы, а наименьшее – от с. Джусалы до г. Казалинска. Резкое снижение стока на участке от ж.-д.ст. Тюмень-Арык до с. Джусалы в значительной мере обусловлено водозаборами на орошение и естественными потерями стока из русла и поймы, которые здесь больше, чем на других участках р. Сырдарьи.

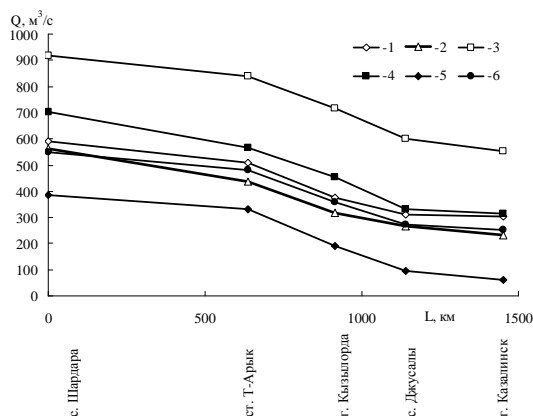


Рис. 1. Изменение стока р. Сырдарьи по её длине. 1 – 1966 г.; 2 – 1968 г.; 3 – 1969 г.; 4 – 2005 г.; 5 – 2001 г.; 6 – 2007 г.

Для определения потерь стока по длине р. Сырдарьи ниже нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до впадения в Северное Аральское море было выделено 3 участка:

- от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до ж.-д. ст. Тюмень-Арык;
- от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинска;
- от г. Казалинска до с. Каратерень.

А также 2 участка от верхнего створа до устья:

- от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до г. Казалинска;
- от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до с. Каратерень.

Потери стока рассчитывались для трех периодов:

- условно-естественный (1959...1970 гг.);
- устойчивого водопотребления – ирригационный режим работы Токтогульской ГЭС (1976...1992 гг.);
- устойчивого водопотребления – энергетический режим работы Токтогульской ГЭС (1993...2008 гг.).

Разделение устойчивого водопотребления на два периода связано с тем, что, начиная с 1993 г., режим работы Токтогульского водохранилища изменился. Ранее оно работало в ирригационном режиме. Сбросы из него проводились, в основном, в осенне-летний период и составляли около 75 % от общего стока [1]. В середине 90-х годов прошлого столетия режим попусков воды водохранилища резко изменился. В последние десятилетия для выработки необходимой для Кыргызстана электроэнергии основные попуски воды осуществлялись в зимние месяцы, в течение которых сбрасывается около 60 % общего объема стока [6]. В результате внутригодовое распределение стока практически по всей длине р. Сырдарьи резко изменилось. Вместо относительно низкого зимнего стока проходят значительные зимние паводки. На рис. 2 представлено внутригодовое распределение стока р. Сырдарьи – уч. Коктюбе за годы с различной водностью. Вне зависимости от водности года, внутригодовое распределение стока изменилось. Максимальные расходы наблюдаются в первом квартале по всем гидрологическим постам р. Сырдарьи.

За период с 1959 по 2008 гг. потери стока рассчитывались по участкам реки в расходах воды и в процентном отношении от величины стока в верхнем створе. Результаты расчетов приведены на рис. 3. Потери стока различны как по годам, так и по участкам. Так в 1969 г. на участке от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до с. Каратерень потери составили $500 \text{ м}^3/\text{с}$.

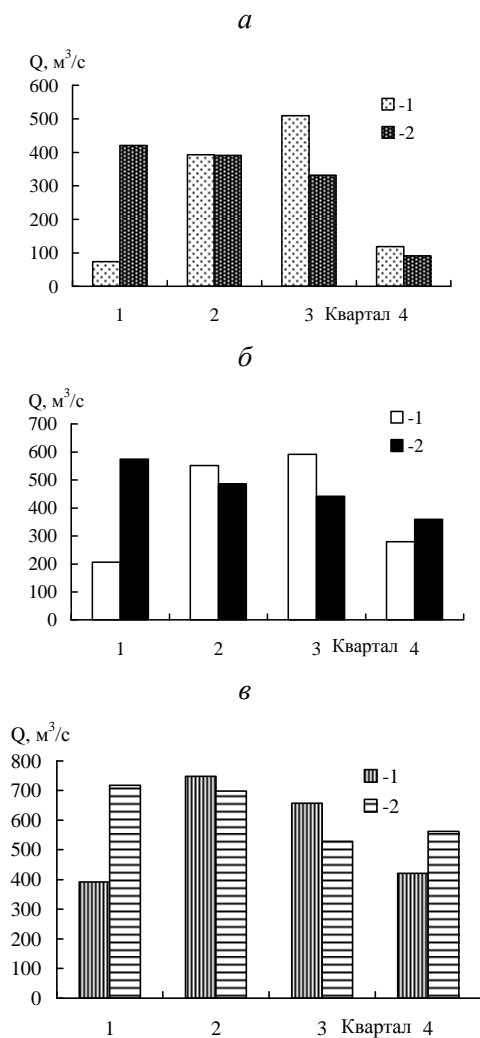


Рис. 2. Внутригодовое распределение стока р. Сырдарья - уч. Коктюбе. а – в маловодные годы, 1 – 1978 г., 2 – 2008 г.; б – в средние по водности годы, 1 – 1990 г., 2 – 2006 г.; в – в многоводные годы, 1 – 1988 г., 2 – 2004 г.

В табл. 3 приведены результаты осреднения потерь стока по периодам. Практически на всех участках реки наблюдалось увеличение потерь стока за различные периоды. Максимальные потери на всех участках приходятся на период 1993...2008 гг., когда режим работы Токтогульской ГЭС с ирригационного изменился на энергетический. Однако, в процентном отношении максимальные потери стока на всех участках отмечались с 1976...1993 гг. Это связано с тем, что в этот период на реке было сравнительно небольшое поступление воды к верхнему створу.

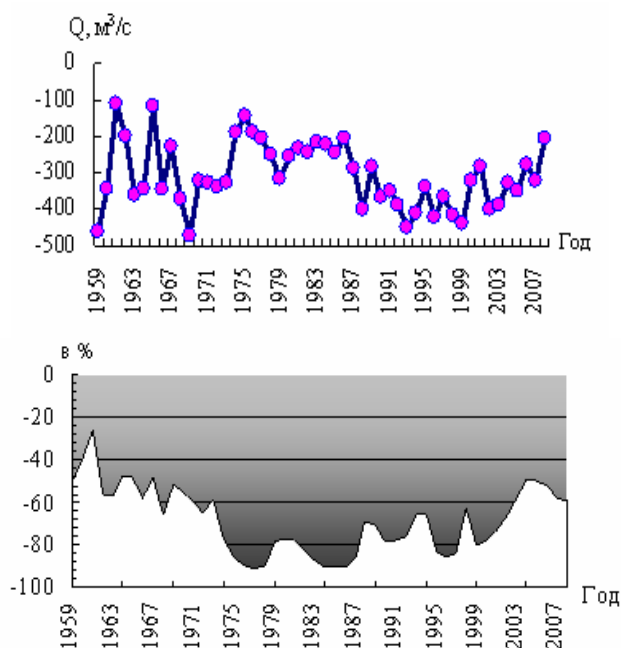


Рис. 3. Потери стока р. Сырдарья на участке от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до с. Каратерень.

Наибольшие потери стока наблюдались, как было отмечено ранее, на участке от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинска и составили 191...258 м³/с или 34,0...76,2 % от стока в верхнем створе.

Таблица 3

Потери стока р. Сырдарья по участкам

Участок	Период, годы	Потери стока	
		м ³ /с	%
нижний бьеф Шардаринского вдхр. - ж.-д. ст. Тюмень-Арык	1959...1970	44,6	8,0
	1976...1992	74,4	22,7
	1993...2008	75,7	13,5
ж.-д. ст. Тюмень-Арык - г. Казалинск	1959...1970	191	34,0
	1976...1992	193	76,2
	1993...2008	258	56,7
г. Казалинск - с. Каратерень	1959...1970	70,5	18,4
	1976...1992	7,41	0,83
	1993...2008	23,7	8,6
нижний бьеф Шардаринского вдхр. - г. Казалинск	1959...1970	236	39,1
	1976...1992	267	81,2
	1993...2008	334	62,9
нижний бьеф Шардаринского вдхр. - с. Каратерень	1959...1970	307	50,3
	1976...1992	275	82,6
	1993...2008	357	67,0

Наименьшие потери стока наблюдались на участке от г. Казалинска до с. Каратерень. Их величина составляла от 7,41 до 23,7 м³/с или соответственно от минус 0,8 до плюс 8,6 %. На этом участке максимальные потери стока наблюдались в период 1959...1970 гг. и составляли 70,5 м³/с или 18,4 %. За период с 1976 по 1992 гг. сток увеличился на 7,41 м³/с или 0,8 %, что можно объяснить выклиниванием стока и возвратными водами.

В табл. 4 приведены потери стока в годы различной водности. За средний по водности год принят 1990 г., за многоводный – 1993 г., за маловодный – 2000 г.

Таблица 4

Потери стока р. Сырдарья по участкам в годы различной водности

Участок	Сток					
	средний		многоводный		маловодный	
	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%
от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до ж.-д. ст. Тюмень-Арык	126,0	27,0	114,0	16,8	112,0	27,2
от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинска	226,0	48,5	268,0	39,5	222,9	54,1
от г. Казалинска до с. Каратерень	10,0	2,1	67,0	9,9	-15,1	-3,7
от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до г. Казалинска	352,0	75,5	382,0	56,3	334,9	81,3
от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до с. Каратерень	362,0	77,7	449,0	66,2	319,8	77,6

В табл. 5 помещены потери стока по кварталам и различным периодам.

Таблица 5

Потери стока по длине р. Сырдарья по кварталам, м³/с

Участок	Период, годы	Квартал				Год
		1	2	3	4	
от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до ж.-д. ст. Тюмень-Арык	1976...1992	-4,10	167	139	-4,44	74,4
от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинск	1993...2008	-20,9	96	154	17,0	61,5
от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до г. Казалинск	1976...1992	57,8	292	351	68,4	192
от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до г. Казалинск	1993...2008	160	303	405	165	258
от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до г. Казалинск	1976...1992	53,7	459	490	64,0	267
от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до г. Казалинск	1993...2008	139	399	559	182	320

В период с 1976 по 1992 гг. максимальные потери стока для всех участков наблюдались, в основном, в третьем, иногда во втором кварталах. В первом и четвертом кварталах потери практически равны.

В период с 1993 по 2008 гг. тенденции сохранились, максимальные потери наблюдались в третьем квартале, минимальные – в первом и чет-

вертом. Следует отметить, что за последние годы увеличение потерь наблюдалось в первом и четвертом кварталах.

Проведенные исследования по изменению бытового стока по длине реки Сырдарья позволили сделать следующие выводы. После строительства каскада водохранилищ в верхнем и среднем течении р. Сырдарья гидрологический режим в пределах Казахстана был существенно нарушен. В связи с этим, расчет проводился для двух периодов:

- условно-естественного – до 1970 г.;
- устойчивого водопотребления с 1976 по 2007 гг.

Для указанных периодов рассчитаны среднемноголетние характеристики бытового стока, их статистические характеристики и расходы воды различной обеспеченности. Среднегодовые величины бытового стока в период устойчивого водопотребления уменьшились от 40 % (р. Сырдарья - нижний бьеф Шардаринского водхр.) до 70 % (р. Сырдарья - г. Казалинск) по отношению к стоку за условно-естественный период. Если ранее, в Аральское море поступало 366 м³/с или 11,6 км³ в год, то в период устойчивого водопотребления эта величина уменьшилась до 129 м³/с или 4,07 км³ в год.

Изменение внутригодового распределение стока р. Сырдарья произошло практически по всей длине реки. Вместо относительно низкого зимнего стока проходят значительные зимние паводки. Если доля стока второго – третьего кварталов для р. Сырдарья - нижний бьеф Шардаринского водохранилища ранее составляла 80 %, то после 1992 г. его величина равна 60 %. Соответственно, доля стока первого и четвертого кварталов – 20 % и 40 %.

Вниз по течению реки тенденции изменения сохранились, величины стока в зимний период (1 и 4 кварталы) увеличились и составили: для ж.-д. ст. Тюмень-Арык 26 % и 43 %, для стока в летний период (2 и 3 квартал) – 74 % и 56 %. Внутригодовое распределение стока р. Сырдарья у г. Казалинска практически не изменилось, если раньше соотношение зимнего стока к стоку в летний период составляло 38 % и 68 % , то в последние годы оно стало 56 % и 38 %.

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 м³/с до 258 м³/с. Наименьшие потери стока выявлены на участке от г. Казалинска до с. Каратерень, их величины от 23,7 м³/с 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. В первом и четвертом кварталах потери практически равны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный Водный Кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. – Т. 5. – Вып. 3. Казахская ССР. – Л.: Гидрометеоздат, – 1987. – 232 с.
2. Государственный Водный Кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. – Ч. 1 и 2. – Вып. 3. Бассейны р. Сырдарья, Чу и Талас. – Алматы, 2002. – 210 с.; 2005. – 145 с.
3. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши с 2000 по 2006 гг.– Ч. 1. – Вып. 5. Бассейн реки Сырдарья. – Алматы, с 2001 по 2007 гг.
4. Кудеков Т.К., Никифорова Л.Н., Ли В.И., Попова В.П. Анализ гидрологической ситуации, сложившейся в бассейне реки Сырдарья, и предложения по ее нормализации // Гидрометеорология и экология. – 2005. – № 2. – С. 89-100.
5. Попова В.П., Айтымова Б.Б. Руслевой водный баланс в пределах РК. // Материалы международной научно-практической конференции «Современные аспекты использования природно-ресурсного потенциала трансграничных рек Центральной Азии» // Алматы, 2010.
6. Ресурсы поверхностных вод. Основные гидрологические характеристики. – Т. 14. – Вып. 1. Средняя Азия. Бассейн р. Сырдарья – Л.: Гидрометеоздат, 1967. – 478 с.; 1974. – 532 с.; 1978. – 430 с.
7. Турсунов А.А., Жиенбаева Р.К. Зимние паводки на реке Сырдарья и проблемы защиты города Кызылорда // Гидрометеорология и экология. – 2004. – № 1. – С. 42-51.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ШЕГІНДЕГІ СЫРДАРІЯ ӨЗЕНІНІҢ ТҰЛА БОЙҒЫ АҒЫСЫНЫҢ ШЫҒЫНЫН АНЫҚТАУ

Геогр. ғылымд. канд. В.П. Попова
А.Н. Мусенова

Сырдария өзенінің тұла бойы және жеке бөлімшелер бойынша ағын шығыны анықталды, мерзім ішінде әртүрлі шаруашылық қызметінің деңгейіне байланысты болатын Шардара су қоймасының төменгі саласынан Каратерең (Кіші Аралға құятын жері) селосына дейінгі өзен ағысының өзгеруіне талдау жүргізілді. Сырдария өзені үшін, әртүрлі мезгілдер мен жылдар ішіндегі сулылық ағынның жыл бойғы бөлінуі анықталды.

УДК 551.524.34(574)

**СОВРЕМЕННОЕ ПОСТУПЛЕНИЕ РЕЧНОГО СТОКА В
ВОСТОЧНЫЙ БАЛХАШ**

А.В. Линейцева

Произведена оценка водных ресурсов рек северного склона Жетысуского (Джунгарского) Алатау, впадающих в восточную часть озера Балхаш, за период с 1932 г. по 2008 г. Рассмотрено изменение среднегодового стока исследуемых рек от выхода из гор до впадения в озеро.

Как известно, озеро Балхаш является одним из уникальных внутриконтинентальных водоемов на планете. Оно состоит из западной и восточной частей, которые различаются по величине минерализации воды. Западная часть практически пресная, восточная – очень соленая. Главной водной артерией, обеспечивающей около 80 % стока в озеро, является р. Или, которая впадает в его западную часть. В восточную часть впадают реки Каратал, Аксу и Лепсы.

Бассейны рек, впадающих в Восточный Балхаш, в основном, расположены на северных и северо-западных склонах Жетысуского Алатау. Наиболее крупной рекой этого региона является р. Каратал. Она образуется от слияния рек Кору, Шыжын и Текели. Длина р. Каратал составляет 390 км, а площадь водосбора – 19100 км². Самый крупный приток – р. Коксу, которая берет начало у основания ледника Баскан, на северо-западном склоне Жетысуского Алатау. Ее длина составляет 205 км, площадь водосбора – 4670 км². Река Аксу берет начало на северных склонах Жетысуского Алатау на высоте 3700...3800 м. В равнинной части река сильно меандрирует, в низовьях разбивается на многочисленные протоки и впадает в озеро тремя рукавами. Ее длина составляет 316 км, а площадь водосбора – 5040 км². Река Лепси занимает третье место по водности в бассейне оз. Балхаш. Она берет начало на высоте 3000 м в области ледников северного склона хребта Жетысуский Алатау. Длина реки 417 км, а площадь водосбора – 8110 км² [7].

Почвенно-растительный покров, слабо развитый в гляциально-нивальном поясе, на остальной территории Жетысуского Алатау занимает от 50 до 75 % суммарной площади. Он характеризуется четко выраженной

высотно-экспозиционной поясностью и представлен широкой гаммой типов и разностей [7].

Современное поступление речного стока в восточную часть оз. Балхаш в настоящее время приобретает повышенное внимание в связи с сокращением стока р. Или, за счет повышения водопотребления в пределах КНР и Республики Казахстан и возможным понижением уровня воды в озере. Сведения о гидрологической изученности рек северного склона Жетысуского (Джунгарского) Алатау, впадающих в Восточный Балхаш приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные сведения о гидрологической изученности рек, впадающих в Восточный Балхаш

Река - пост	Площадь водосбора, км ²	Расстояние от устья, км	Период наблюдений, гг.
по выходе из гор			
р. Каратал - п. Каратал	1160	390	1915...1996
р. Коксу - с. Коксу	1590	102	1955...2007
р. Лепсы - аул Лепсы (г. Лепсинск)	1220	357	1932...2008
р. Аксу - п. Жансугуров	1330	250	1930...1986
при впадении в озеро Балхаш			
р. Каратал - п. Наймансуек	16500	143	1940...2008
р. Аксу - с. Аксу	2770	200	1977...1993
р. Лепсы - аул Толебаев (подхоз Лепсы)	8040	12	1934...2008

Пропуски в наблюдениях за годовым стоком были восстановлены с использованием зависимостей между годовым стоком восстанавливаемых рек и реками-аналогами по уравнениям регрессии.

Бассейны рек северного склона Жетысуского Алатау характеризуются значительным оледенением [3...5]. Планомерное изучение ледников началось примерно в 50-х годах 20-го века. В результате наблюдений были установлены данные по оледенению рассматриваемой территории. Количество и площадь ледников в бассейнах рек северного склона Жетысуского Алатау приведены в табл. 2.

Среднестатистические характеристики стока (Q – средний многолетний расход воды, C_v – коэффициент вариации, C_s – коэффициент асимметрии), а также расходы воды различной обеспеченности приведены в табл. 3. Репрезентативный период выбирался путем анализа разностных интегральных кривых стока. Для определения указанных параметров использовались

ряды наблюдений за период с 1932 г. по 1986 г. Коэффициент асимметрии определялся путем подбора, исходя из условия наилучшего соответствия эмпирической и теоретической кривой обеспеченности Пирсона III.

Таблица 2

Количество и площадь ледников в бассейнах рек северного склона Жетысуского Алатау [3...5]

Бассейн реки	Количество ледников	Площадь оледенения, км ²
Коксу	263	159,4
Каратал (без р. Коксу)	95	94,3
Шыжын	24	11,6
Коры	71	82,7
Аксу	64	75,1
Лепсы	52	91,7
Тентек	94	94,0

При анализе изменения годового стока использовались разностные интегральные кривые. На этих кривых фаза подъема означает многоводный период, фаза спада – маловодный, а точка перегиба – граница этих периодов. На рис. 1...2 приведены разностные интегральные кривые суммарного стока основных рек, впадающих в Восточный Балхаш.

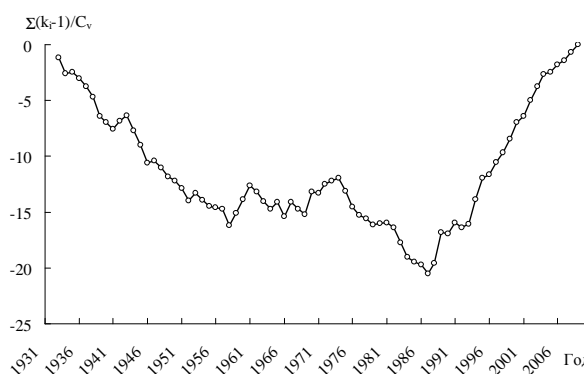


Рис. 1. Суммарная разностная интегральная кривая стока воды рек Каратал, Аксу, Лепсы и Коксу на выходе из гор.

Интегральные кривые показали, что, начиная со второй половины 80-х годов 20-го века, происходило повышение стока рассматриваемых рек, за счет увеличения деградации горного оледенения и некотором возрастании количества атмосферных осадков. Данные наблюдений М Текели (высота 1959...2002 гг. – 1722 м, с 2003 г. – 985 м.) показывают, что с 1987 г. произошло возрастание количества осадков, по сравнению с предыдущим периодом (1937...1986 гг.), на 15...17 %.

Таблица 3

Средние многолетние характеристики стока, и сток воды различной обеспеченности основных рек северного склона Жетысуского Алатау, 1932...1986 гг.

Река - пост	Q , м ³ /с	W, млн. м ³	C_v	C_s	Расходы воды (м ³ /с) различной обеспеченности, %						
					5	10	20	50	75	90	95
р. Каратал – с. Каратал	25,0	789	0,23	0,69	35,5	32,7	29,6	24,3	20,9	18,2	16,8
р. Лепсы – аул Лепси	22,2	701	0,44	1,1	40,7	35,3	29,4	20,4	15,0	11,5	9,70
р. Аксу – с. Жансугуров	11,4	359	0,21	0,63	15,7	14,6	13,3	11,1	9,66	8,53	7,93
р. Коксу – с. Кукреу	56,5	1783	0,25	0,75	82,3	75,4	67,5	54,8	46,3	39,8	36,7

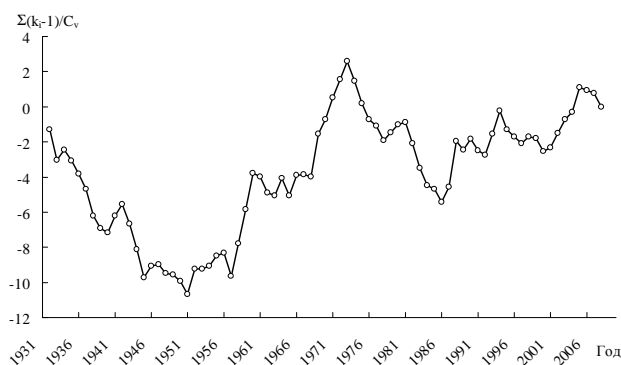


Рис. 2. Суммарная разностная интегральная кривая стока воды рек Каратал, Аксу, Лепсы и Коксу при впадении в оз. Балхаш.

Средний годовой сток р. Каратал (п. Каратал) за 1986...2008 гг. по сравнению с предыдущим периодом (1932...1985 гг.) увеличился с 83,6 до 109 м³/с, т.е. на 25 м³/с или на 30 %. Одновременно с этим происходило повышение потерь стока на участке на выходе из гор до впадения в оз. Балхаш. В результате этого, сток при впадении в озеро за 1986...2008 гг. возрос незначительно с 71,8 до 76,5 м³/с, т.е. на 4,7 м³/с или на 6 %. За 1986...2008 гг. потери стока изменились в сторону повышения на 25,0 м³/с или на 30 % [6].

Средний годовой сток р. Лепсы (аул Лепси) за период 1986...2008 гг. возрос по сравнению с периодом 1932...1985 гг., на 0,2 м³/с или на 0,95 %. Сток при впадении в оз. Балхаш увеличился на 0,9 м³/с или на 3,9 %. Потери на участке на выходе из гор до впадения в оз. Балхаш остались на том же уровне.

Средний годовой сток р. Аксу (с. Жансугуров) за указанный период (1986...2008 гг.) повысился на 0,7 м³/с или на 6 %.

На выходе из гор суммарный сток рек Каратал, Аксу, Лепсы и Коксу увеличился за период 1986...2008 гг. с 112 до 149 м³/с, т.е. на 36 м³/с (32 %). При впадении в оз. Балхаш суммарный сток исследуемых рек повысился с 104 до 114 м³/с, т.е. на 10 м³/с (9,9 %).

В табл. 4 приведены суммарные ресурсы поверхностных вод рек на участке на выходе из гор и при впадении в озеро за период 1932...1985 гг. Данные табл. 4 показывают, что суммарные ресурсы стока рек Каратал, Аксу, Лепсы и Коксу на выходе из гор составили 112 м³/с, а при впадении в оз. Балхаш – 103 м³/с. Потери стока на этом участке равны 9 м³/с.

В табл. 5 приведены суммарные ресурсы поверхностных вод рек, впадающих в Восточный Балхаш, на выходе из гор и при впадении в озеро за 1986...2008 гг.

Таблица 4

Суммарные ресурсы поверхностных вод основных рек северного склона Жетысуского Алатау за период с 1932 г. по 1985 г.

Q , $\text{м}^3/\text{с}$	W , млн. м^3	C_v	C_s	Расходы воды ($\text{м}^3/\text{с}$) различной обеспеченности, %						
				5	10	20	50	75	90	95
на выходе из гор										
112	3535	0,22	0,55	156	145	132	110	94,3	82,2	75,8
при впадении в оз. Балхаш										
104	3251	0,35	0,88	170	152	131	97,9	76,8	61,5	54,4

Таблица 5

Суммарные ресурсы поверхностных вод основных рек северного склона Жетысуского Алатау за период с 1986 г. по 2008 г.

Q , $\text{м}^3/\text{с}$	W , млн. м^3	C_v	C_s	Расходы воды ($\text{м}^3/\text{с}$) различной обеспеченности, %						
				5	10	20	50	75	90	95
на выходе из гор										
149	4702	0,16	0,40	191	180	168	147	133	120	113
при впадении в оз. Балхаш										
114	3598	0,27	0,68	170	155	138	110	91,8	77,6	70,1

Данные, приведенные в табл. 5 показывают, что суммарные ресурсы стока рек Каратал, Аксу, Лепсы и Коксу на выходе из гор составляют $149 \text{ м}^3/\text{с}$, а при впадении в оз. Балхаш – $114 \text{ м}^3/\text{с}$. Потери стока на этом участке равны $35 \text{ м}^3/\text{с}$.

Начиная со второй половины 80-х годов 20-го века, наблюдается некоторое возрастание стока, за счет увеличения увлажнения рассматриваемых бассейнов и деградации горного оледенения северного и северо-западного склона Жетысуского Алатау. Потери стока, по-видимому, повышаются из-за фильтрации в берега и выхода воды за пределы русла.

По мнению гляциологов в последних десятилетиях 21 века ледники в речных бассейнах рассматриваемого региона полностью исчезнут [1]. В связи с этим, по мере сокращения запасов воды в ледниковых системах и увеличения потерь при формировании стока на освобождающейся от ледников поверхности речных бассейнов, поступление воды в реки рассматриваемого региона и оз. Балхаш будет существенно сокращаться [2], что негативно скажется на существовании озера и его экологической системы.

Автор выражает огромную благодарность В.В. Голубцову за помощь в написании статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Илейского Алатау в XX веке. – Алматы, 2001. – 252 с.
2. Голубцов В.В. Изменение водных ресурсов и режима рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах. // Гидрометеорология и экология. – 2008. – №1. – С. 47-61.
3. Каталог ледников СССР, Т. 13 Центральный и Южный Казахстан, Вып. 2. Бассейн озера Балхаш, Ч. 5 Бассейн реки Каратал. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 99 с.
4. Каталог ледников СССР, Т. 13 Центральный и Южный Казахстан, Вып. 2 Бассейн озера Балхаш, Ч. 7 Реки Тентек, Ырғайты. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 80 с.
5. Каталог ледников СССР, Т. 13 Центральный и Южный Казахстан, Вып. 2 Бассейн озера Балхаш, Ч. 6 Бассейны рек Биен, Аксу, Лепсы. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 83 с.
6. Линейцева А.В. Изменение годового стока реки Каратал во второй половине 20-го и начале 21-го века. // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №1. – С. 23-27.
7. Ресурсы поверхностных вод. Основные гидрографические характеристики. Т. 13 Центральный и Южный Казахстан, Вып. 2. Л.: Гидрометеоиздат, 1967. – 471 с.

Казгидромет, г. Алматы

БАЛҚАШ КӨЛІНІҢ ШЫҒЫС БӨЛІГІНЕ АҒЫСЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЗАМАНДА

А.В. Линейцева

1932 жылдан 2008 жылдар аралығында Балқаш өзенінің шығыс бөлігіне Жетісу Алатаудың солтүстік баурайларынан құйылатын өзендердің су ресурстарының бағасы жүргізілді.

Тау баурайларынан шығып Балқаш көліне құятын өзендердің орташа жылдың ағынының өзгеруі қарастырылды.

УДК 556.12 + 528.8

**О ПРИМЕНЕНИИ ИНФРАКРАСНЫХ КАНАЛОВ РАДИОМЕТРА
NOAA/AVHRR ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАТЫ
НАЧАЛА СНЕГОТАЯНИЯ**

А.М. Кауазов

В статье рассмотрена возможность определения даты начала снеготаяния на основе радиояркостной температуры снежного покрова. Определено пороговое значение радиояркостной температуры, при которой начинается таяние снежного покрова.

Снежный покров как аккумулятор зимних осадков – основной источник формирования весеннего паводкового стока и аккумуляции продуктивной почвенной влаги в зерносеющей зоне Северного Казахстана. Поэтому представляет большой интерес исследование максимальных снегозапасов. Для определения снегозапасов применяются методы, основанные на расчете характеристик теплового и водного баланса. Но эти методы предполагают наличие характеристик радиационного баланса земной поверхности, сеть регулярных измерений которых крайне редка. Из-за недостатка необходимых данных в качестве индекса теплового баланса используют температуру воздуха. При этом показатели радиационного баланса и теплообмена с атмосферой не расчленяются.

Для расчета водного эквивалента слоя стаявшего снега в этих исследованиях используется простое соотношение:

$$m = b \sum T_+, \quad (1)$$

где m – водный эквивалент слоя стаявшего снега за данный промежуток времени, мм; b – коэффициент стаивания снега, мм/°С; $\sum T_+$ – сумма положительных температур воздуха за данный промежуток времени, °С.

Для расчета температурного коэффициента стаивания используется сумма положительных температур воздуха (максимальная за сутки или в сроки, близкие к полудню), накопленная за период с момента начала снеготаяния до его схода. Дату схода снежного покрова можно определить по данным дистанционного зондирования (ДДЗ) из космоса. Дату начала снеготаяния (водоотдачи) определяют различными методами, в т.ч. и по со-

вмещенным графикам температуры воздуха, высоты и водности снежного покрова. Для определения начала снеготаяния на большой территории целесообразно применять ДДЗ, особенно в инфракрасном (ИК) диапазоне поскольку фазовое состояние снежного покрова прямо зависит от температуры [2, 4]. Исследования снежного покрова в Казахстане с применением ИК каналов не нова [6], тем не менее, представляется интересным исследование снежного покрова на основе современных спутниковых данных.

Так, снежный покров в любых условиях и при любой, даже самой низкой температуре излучает длинноволновую радиацию (поток собственного излучения снежного покрова). В то же время он непрерывно поглощает потоки длинноволновой радиации, идущие от других объектов окружающей среды.

Излучательная способность снежного покрова, по сравнению с другими природными объектами, самая высокая, несмотря на некоторое её снижение по мере старения снега [1]. Снежный покров является, таким образом, самым совершенным природным излучателем и поглотителем длинноволновой радиации и самым совершенным отражателем прямой и рассеянной солнечной радиации.

Спектральный коэффициент отражения сухого снежного покрова в пределах видимой части спектра малоселективен. Для крайних участков спектра – ультрафиолетового и инфракрасного – коэффициент отражения оказывается меньше, чем для видимой части. Существенное уменьшение коэффициента отражения при переходе от сухого и чистого, к мокрому и загрязненному снегу, происходит почти на одинаковую величину для всех длин волн. Поэтому избирательность отражения для мокрого и засоренного снега остается в пределах видимой части спектра, как и для сухого и чистого снега [5].

Задачей данной работы является определение порогового значения радиояркостной температуры, при которой начинается снеготаяние. Для решения этой задачи использованы 4 (10,3...11,3 мкм) и 5 (11,5...12,5 мкм) каналы радиометра NOAA/AVHRR. Методы восстановления температуры подстилающей поверхности по данным дистанционного зондирования Земли основаны на выделении из общего регистрируемого сигнала той его части, которая соответствует излучению поверхности (с учетом поглощения и излучения атмосферы). После этого на основе известной зависимости по яркости излучения определяют температуру поверхности. Такие модели достаточно хорошо отработаны для однородных поверхностей, в частности морских.

Известно, что относительно точно можно восстанавливать температуру поверхности Земли только для квазиоднородных участков (степь, пустыня, снежный покров и т.п.). В таких случаях обычно используют алгоритмы, разработанные для восстановления температуры поверхности моря. Наиболее простым является алгоритм Мак-Клейна (2), который дает достаточно хорошие результаты при восстановлении температуры различных участков поверхности суши (ошибки в пределах 3 °С), согласно которому температура подстилающей поверхности равна [3]:

$$T = -283,934 + 4,081T_{4я} - 3,046T_{5я}, \quad (2)$$

где T – температура подстилающей поверхности в °С, $T_{4я}$ и $T_{5я}$ – значения радиояркостной температуры в каналах 4 и 5 радиометра NOAA AVHRR, °К.

Однако переход от радиояркостной температуры к физической чрезвычайно сложная задача. Поэтому точное определение физической температуры не является целью данной работы, так как для определения начала таяния необходим лишь некий условный порог радиояркостной температуры, с превышением которого начинается снеготаяние. Для определения физической температуры более целесообразно применять скорректированные данные 21 канала радиометра Terra/MODIS, где значения представляются непосредственно в градусах Кельвина. Для определения порогового значения радиояркостной температуры необходимо определить дату начала снеготаяния и радиояркостную температуру снежного покрова на дату таяния. Для определения даты начала снеготаяния были использованы декадные и пентадные данные о высоте и плотности снежного покрова (h , p) и ежедневные данные о температуре воздуха (T) в срок 09 СГВ (15 часов местного времени). Обработаны данные следующих метеостанций (М) Северного Казахстана: Акколь, Аршалы, Балкашино, Егиндыколь, Жаксы, Щучинск – Акмолинская область; Аркалык, Джетыгара, Карасу, Пресногорьковка, Рудный – Костанайская область; Рузаевка, Сергеевка, Чкалово, Петропавловск – Северо-Казахстанская область за 2007 г. Для каждой метеостанции были определены снегозапасы и построены совмещенные графики высоты (h), водности снежного покрова (w) и температуры воздуха (T).

Далее, определялась дата начала таяния (водоотдачи) на основе анализа совмещенных графиков метеопараметров. За начало водоотдачи принималась дата с высоким (максимальным) снегозапасом, предшествующая дате наблюдений с существенно (на 20 % и более) уменьшившимся снегозапасом, либо дата начала периода с постепенным уменьшением

снегозапаса на фоне устойчивой положительной температурой воздуха в период между наблюдениями.

Для определения радиояростной температуры ($T_{4я}$) подстилающей поверхности было создано программное обеспечение в среде Borland Delphi. Разработанная программа позволила автоматизировано преобразовать значения интенсивности излучения четвертого канала в температуру, для всех метеостанций, из заранее подготовленных дневных снимков спутника NOAA-18, представленных в формате ASCII, время пролета которого близко к сроку 09 СВВ. Полученные данные о $T_{4я}$ подстилающей поверхности были нанесены на совмещенные графики (рис. 1). Для удобства представления информации от значений $T_{4я}$ была вычтена величина 273.

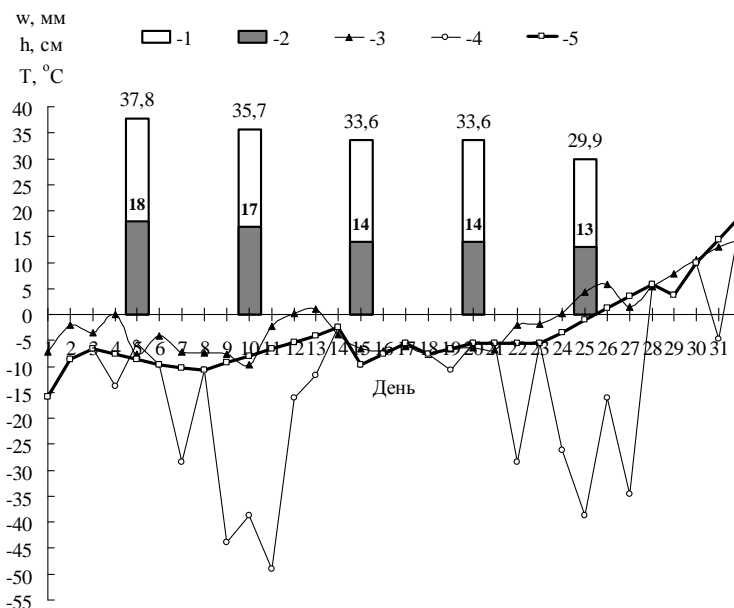


Рис. 1. Совмещенный график влагозапасов (1) и высоты (2) снежного покрова, температуры воздуха в срок 09 СВВ (3), $T_{4я}$ – (4), интерполированное значение $T_{4я}$ – (5) на М Сергеевка в марте 2007 г.

Значительные отрицательные величины $T_{4я}$ соответствуют дням с облачностью. Для таких дней значения $T_{4я}$ были исключены, и данные были интерполированы. На графике видно, что $T_{4я}$ хорошо согласуется с температурой воздуха в срок 09 СВВ. Коэффициент корреляции между температурой воздуха и температурой подстилающей поверхности (снег, почва), рассчитанный для всех метеостанций, составил 0,91.

Известно, что таяние снежного покрова (убыль влагозапасов) может происходить при самых различных метеорологических условиях. Так,

при температурах воздуха ниже нуля, убыль снеготаяния может происходить вследствие возгонки. Так же снег начинает таять при любой влажности воздуха в условиях, когда среднесуточная температура воздуха выше $9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [5]. В общем, можно утверждать, что снеготаяние происходит при температуре снежного покрова близкой к $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отсюда, по кривой температуры на графике, наиболее вероятный день начала таяния снега приходится на 24 марта. Однако, суждение о факте начала снеготаяния определяется не только на основе анализа динамики температуры воздуха, но и на анализе характеристик снежного покрова. С учетом параметров снежного покрова снеготаяние приходится на 25 марта, так как фактические данные о снежном покрове имеют периодичность не менее 5 дней и ближайšie по времени данные имеются лишь на 25 марта. Соответственно точность определения даты начала снеготаяния с учетом пентадной дискретности данных о снежном покрове не высока. Тем не менее, несмотря на пятидневный интервал данных о снежном покрове, данные о дате начала снеготаяния являются вполне кондиционными. По методу теплового проявления для расчета используются суммы накопленных положительных температур воздуха за весь период снеготаяния, а в начальный период снеготаяния температуры близки к нулю и их вклад в упомянутую сумму температур по сравнению с конечным периодом не велик. Поэтому за дату начала снеготаяния можно принять ближайшую дату с данными о характеристиках снежного покрова, в данном случае – 25 марта, хотя с большой степенью вероятности снеготаяние началось 24 марта или ранее.

Для определения порогового значения радиояркостной температуры снежного покрова для начала процесса таяния, была определена максимальная $T_{4я}$ снега за период 3-ех дней до и после начала фактического снеготаяния по всем рассматриваемым метеостанциям. Дата с максимальной $T_{4я}$ снега принималась как дата начала снеготаяния по спутниковым данным. Результаты приведены в табл. 1. Здесь видно, что таяние снежного покрова отмечается при температурах в четвертом канале AVHRR от $269\text{ }^{\circ}\text{K}$ и выше.

Полученный порог был верифицирован по данным 2009 года. По метеорологическим данным этого года также были построены совмещенные графики и определена дата начала снеготаяния. Затем были определены даты, когда температура в 4-ом канале достигала $269\text{ }^{\circ}\text{K}$ и выше. Сопоставление данных показало, что погрешность в определении даты снеготаяния не превышает 3-ех дней (табл. 2). По выше упомянутым причинам, такую точность, можно принять как удовлетворительную.

Таблица 1

Даты начала снеготаяния по наземным станциям и максимальные температуры подстилающей поверхности по ДДЗ, 2007 г.

Метеостанция	Наземные данные	Спутниковые данные	
	дата начала таяния	$T_{4я}$, °К	дата начала таяния
Петропавловск	31 марта	275,0	30 марта
Пресногорьковка	20 марта	270,0	20 марта
Сергеевка	31 марта	273,0	31 марта
Чкалово	20 марта	274,0	20 марта
Щучинск	31 марта	272,0	31 марта
Рудный	20 марта	271,0	20 марта
Рузаевка	31 марта	273,0	31 марта
Карасу	31 марта	273,0	31 марта
Балкашино	31 марта	269,0	31 марта
Джетыгара	20 марта	272,0	20 марта
Акколь	31 марта	274,0	31 марта
Жаксы	31 марта	272,0	30 марта
Егиндыколь	31 марта	270,0	31 марта
Аршалы	20 марта	269,0	17 марта
Аркалык	31 марта	273,0	30 марта

Таблица 2

Даты начала снеготаяния по наземным станциям и по ДДЗ (с максимальными температурами подстилающей поверхности) в 2009 г.

Метеостанция	Наземные данные	Спутниковые данные подстилающей поверхности		
	дата начала таяния	$T_{4я}$, °К	дата с $T_{4я}$	T , °С по методу Мак-Кейна
Петропавловск	25 марта	275,0	24 марта	0,7
Пресногорьковка	25 марта	269,0	26 марта	-2,5
Сергеевка	25 марта	269,0	25 марта	-1,1
Чкалово	15 марта	270,0	14 марта	1,6
Щучинск	20 марта	270,0	20 марта	-1,4
Рудный	25 марта	270,0	25 марта	-1,5
Рузаевка	15 марта	270,0	14 марта	-1,4
Карасу	25 марта	271,0	23 марта	-3,5
Балкашино	25 марта	270,0	24 марта	-0,4
Джетыгара	25 марта	269,5	25 марта	-3,5
Акколь	20 марта	270,0	19 марта	-1,4
Жаксы	25 марта	269,0	23 марта	-2,5
Егиндыколь	25 марта	271,0	24 марта	-0,4
Аршалы	20 марта	269,5	22 марта	1,5
Аркалык	20 марта	269,0	21 марта	-2,5

На основе полученных результатов, были определены области с тающим снежным покровом. На рис. 2 приведен космический снимок с тающим снежным покровом на 21 марта 2009 г., построенный по температурному порогу. В целом наземные области тающего снежного покрова

хорошо согласуются с ДДЗ. 21 марта таяние наблюдалось в окрестностях М Чкалово, М Щучинск, М Рузаевка, М Акколь, М Аршалы, М Аркалык, как по наземным данным, так и по ДДЗ. Кроме указанных станций по ДДЗ таяние снежного покрова отмечалось так же в окрестностях М Джетыгара, М Петропавловск, М Рудный. На этих станциях, скорее всего наблюдались эпизодические случаи таяния, так как устойчивое снеготаяние на них началось лишь через 10 дней.

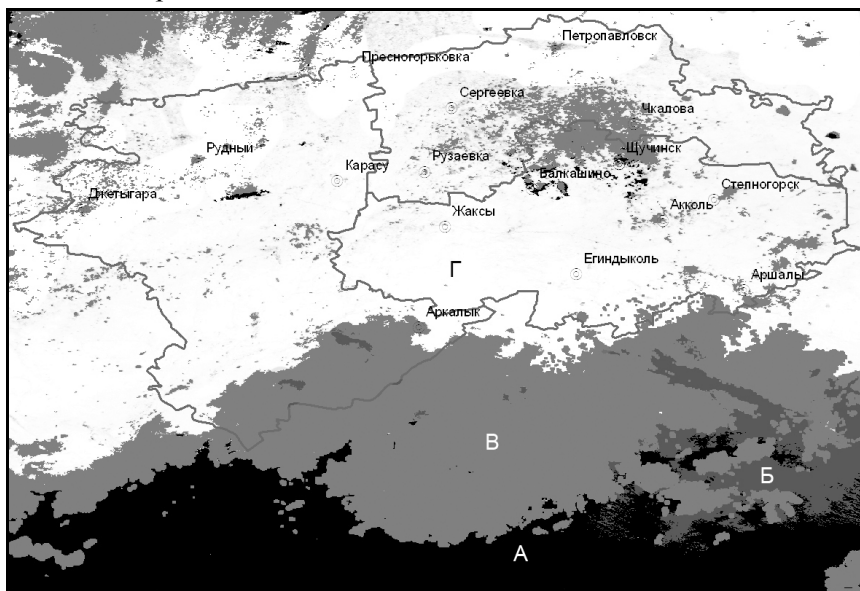


Рис. 2. Фрагмент космоснимка NOAA/AVHRR за 21 марта 2009 г. (А – бесснежная область, Б – Облачность, В – тающий снежный покров, Г – снежный покров).

Отдельные дни со снеготаянием по территории Северного Казахстана отмечались также ранее – в начале марта. Для определения точной даты начала устойчивого снеготаяния, необходимо ежедневное определение зон снеготаяния по спутниковым снимкам, а затем на их основе возможно определить дату начала устойчивого снеготаяния.

Сравнение пороговой температуры полученной по методу Мак-Кейна с радиояркостной температурой в 4 канале ($T_{4я}$) не показывает существенных различий. Таяние снега начинается соответственно с минус 4,0 °С (269 °К) и 269,5 °К. Между тем, температурные коэффициенты в методе Мак-Клейна нуждаются в уточнении применительно к снежному покрову.

Таким образом, для определения даты начала снеготаяния на значительных пространствах возможно использование порогового значения ($T_{4я} \geq 269,5$) радиояркостной температуры снежного покрова в четвертом

канале радиометра NOAA/AVHRR, как вспомогательного метода, особенно при недоступности наземных данных о температуре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богородский В.В., Козлов А.И., Тучков Л.Т. Радиотепловое излучение земных покровов. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 224 с.
2. Бордонский С.С., Крылов С.Д., Цырсижапов С.В. Пульсация радиояркостной температуры ледяного покрова вблизи точки фазового перехода. // Исследование Земли из Космоса. – 2000. – № 1, – С. 24-32.
3. Закарин Э.А., Спивак Л.Ф., Архипкин О.П. Методы дистанционного зондирования в сельском хозяйстве Казахстана. – Алматы: Гылым, 1999. – 255 с.
4. Кондратьев К.Я., Власов В.П., Мелентьев В.В. Радиотепловое излучение тающего покрова как индикатора его состояния // Доклад АН СССР. – 1985. – Т. 280. – № 4. – С. 839-842.
5. Кузьмин П.П. Процессы таяния снега. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 345 с.
6. Панкратова Е.И. О возможности определения фронта снеготаяния по многозональной информации с ИСЗ «Метеор» (на примере Казахстана) // Труды ГГИ. – 1981. – Вып. 285. – С.47-56.

Институт космических исследований, г. Алматы

ҚАР ЕРУ УАҚЫТЫНЫҢ БАСТАЛУЫН АНЫҚТАУ ҮШІН NOAA/AVHRR ИК ЖЕЛІСІН ҚОЛДАНУ ТУРАЛЫ

А.М. Кауазов

Мақалада радиожарықтық температура негізінде қар еру уақытының басталуын анықтау мүмкіндігі қаралған. Радиожарықтық температураның ең аз мөлшері негізінде қар бетінің еруінің басталуы анықталған.

УДК 556.535.6

СТОК ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ БАССЕЙНА РЕКИ ИЛЕК

А.О. Домран

Рассмотрен режим стока взвешенных наносов, определены его статистические характеристики для р. Илек и ее основных притоков. Определены расходы взвешенных наносов в различные по водности годы.

Река Илек является основной водной артерией Актюбинской области. Ее длина 623 км, площадь водосбора 41300 км². Река имеет общее направление течения до г. Актобе с юга на север, а затем на северо-запад и впадает в р. Урал слева на 1085-м км от ее устья, на территории Российской Федерации.

Несмотря на то, что данные о стоке наносов имеют большое научное и практическое значение, эта гидрологическая характеристика остается одной из самых слабоизученных. Это обусловлено большими техническими трудностями измерений, несовершенством приборов и методов.

В различные периоды на территории бассейна действовало двенадцать пунктов наблюдений за твердым стоком (табл. 1). Наблюдения за твердым стоком прекратились в 1996 г.

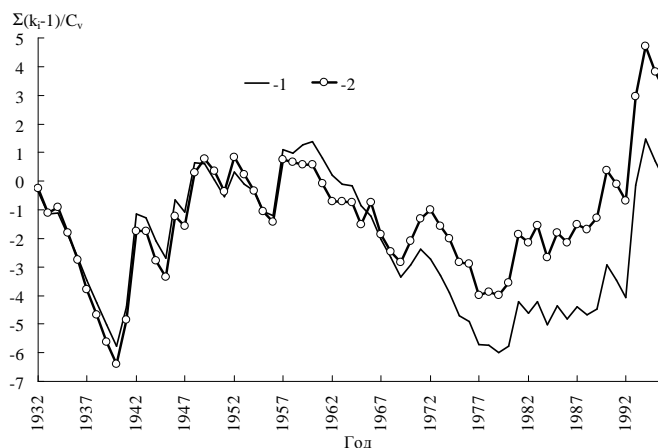
Таблица 1

Сведения о пунктах наблюдений за твердым стоком

Река – пункт	Площадь водосбора, км ²	Период наблюдений	
		период	количество лет
р. Илек – г. Актобе	11000	1942, 1946...1996	53
р. Илек – п. Веселый	17200	1963, 1968...1975	9
р. Илек – п. Мертвецовка	20100	1935	1
р. Илек – с. Чилик	37300	1951...1954, 1956...1996	45
р. Карагала – с. Каргалинское	5000	1969...1975	7
р. Куагаш – с. Кызылжол	315	1964...1966	3
р. Кокпекты – с. Троицкое	506	1982...1991	10
р. Косистек – с. Косистек	281	1964	1
р. Актасты – п. Белогорский	45	1977...1996	20
р. Большая Хобда – с. Новоалексеевка	8110	1965...1995	31
р. Сарьхобда – п. Бессарабский	675	1960...1995	36
р. Терсаккан – п. Астраханский	446	1960...1995	36

Однако объем данных по стоку наносов недостаточен для надежного определения его характеристик и, кроме того, сток наносов реки Илек в створах с наиболее длительными рядами, таких как, у г. Актобе и с. Чилик, искажен влиянием Актюбинского и Карагалинского водохранилищ. Последние сведения о стоке наносов рассматриваемого района приведены в «Ресурсах поверхностных вод...» [2, 3]. В данной работе обобщены данные по стоку наносов в бассейне р. Илек за весь период наблюдений.

Под влиянием различных факторов сток взвешенных наносов испытывает многолетние, годовые и сезонные колебания. Многолетние колебания, прежде всего, связаны с достаточно длительными изменениями климата, изменениями в режиме общей атмосферной циркуляции, а также с интенсивностью процессов денудации в бассейне [5]. Они были исследованы с применением методов разностных интегральных кривых, скользящего осреднения и линейного тренда. С помощью совмещенных разностных интегральных кривых модульных коэффициентов среднегодовых расходов воды и значений годового стока взвешенных наносов были выявлены периоды, когда значения соответствующих величин выше или ниже нормы, а также периоды синхронности и асинхронности их колебаний (рис.1).



*Рис. 1. Совмещенные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов р. Илек – с. Чилик за период с 1932 по 1996 гг.
1 – сток взвешенных наносов; 2 – сток воды.*

Анализ указанных разностных интегральных кривых показал, что колебания твердого и жидкого стока на р. Илек синхронны. Для многолетнего хода стока р. Илек характерным является чередование маловодных и многоводных лет.

Рассмотрим колебания твердого стока. Коэффициент вариации расходов наносов составляет от 0,79 до 1,78, что превосходит C_v годового стока примерно в два раза (табл. 2). Таким образом, при соответствии колебаний этих характеристик, амплитуда изменений твердого стока всегда значительно больше, чем жидкого.

Таблица 2

Сопоставление характеристик изменчивости жидкого и твердого стока по исследуемым пунктам

Река – пункт	Период наблюдений, включая годы с восстановленным стоком наносов	Коэффициент вариации (C_v)		Соотношение C_v твердого и жидкого стока
		сток воды	твердый сток	
р. Илек – г. Актобе	1932...1996	0,72	1,35	1,88
р. Илек – с. Чилик	1932...1996	0,80	1,22	1,53
руч. Актасты – п. Белогорский	1977...1996	0,53	0,79	1,49
р. Большая Хобда – с. Новоалексеевка	1961...1996	0,70	1,50	2,14
р. Сарыхобда – п. Бессарабский	1961...1995	0,84	1,78	2,12
р. Терсаккан – п. Астраханский	1960...1995	0,57	1,27	2,23

Общая направленность процесса была проанализирована с использованием скользящего десятилетнего осреднения среднегодовых расходов взвешенных наносов. Тенденция изменения стока взвешенных наносов на реках бассейна неоднозначна. Для р. Илек и р. Терсаккан тренд является отрицательным, тогда как для остальных рассматриваемых створов положительным, в то время как для жидкого стока всего бассейна характерно уменьшение. Это обусловлено более сложным характером формирования твердого стока, так как, помимо гидрометеорологических условий, на него оказывают влияние другие факторы, например, различная длительность периодов, необходимых для дезинтеграции пород и накопления рыхлообломочного материала в конкретном бассейне [1, 5].

Годовые колебания определяются гидрометеорологическими условиями конкретного года (величиной атмосферных осадков, жидкого стока, температурой воздуха и пр.). Внутригодовые колебания стока взвешенных наносов и мутности воды определяются, прежде всего, водным режимом рек, условиями русловой эрозии, которые в свою очередь зависят от комплекса природных факторов (количества и интенсивности выпадения атмосферных осадков, рельефа местности, растительности, литологии почвогрунтов и т.д.).

Расход взвешенных наносов и мутность воды внутри года сильно изменяются. Обычно мутность воды и расход взвешенных наносов увеличива-

ются с увеличением расхода воды. С целью проследить указанную зависимость, были построены графики совмещенного хронологического хода среднемесячных расходов воды, расходов взвешенных наносов и мутности воды (рис. 2).

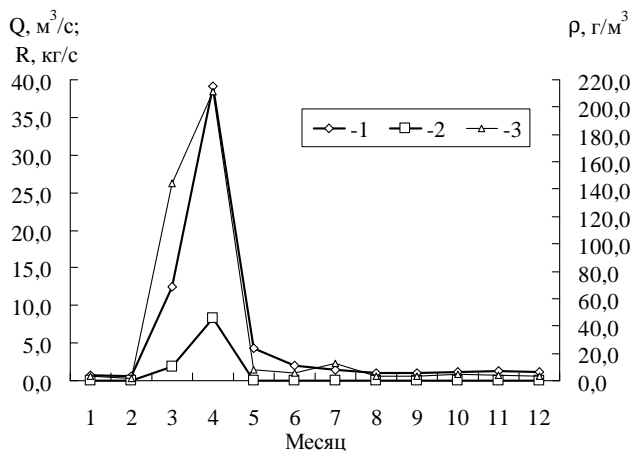


Рис. 2. Совмещенный хронологический ход среднемесячных величин
 1 – расхода воды (м³/с); 2 – расхода взвешенных наносов (кг/с);
 3 – мутности воды (г/м³) р. Большая Хобда – с. Новоалексеевка.

При применении данных о стоке наносов, мутности воды, поверхностном смыве для различных целей необходимы, прежде всего, их многолетние характеристики. В 1966 и 1970 гг. опубликованы «Ресурсы поверхностных вод» [2, 3], в которых приведены сведения о среднем многолетнем стоке наносов территории бассейна р. Илек по данным, включая 1966...1967 гг. С этого времени региональных исследований до последних лет не производилось. В данной работе использованы ряды наблюдений по 1996 г. включительно. Норма стока определена для шести створов, для других – ряды наблюдений за твердым стоком не превышают семи лет или качество данных не позволяет восстановить сток.

В связи с ограниченным количеством данных и влиянием крупных водохранилищ, в ходе выполнения данной работы необходимо было произвести восстановление естественного стока взвешенных наносов.

Для анализа влияния водохранилищ на сток ряды наблюдений были проверены на однородность с использованием интегральных кривых, которые показали, что ряды наблюдений на р. Илек не являются однородными. В связи с введением в эксплуатацию Карагалинского водохранилища с 1975 г. происходит значительное уменьшение стока взвешенных наносов. Таким образом, появляется необходимость восстановления величин

естественных расходов взвешенных наносов. По притокам р. Илек ряды наблюдений являются однородными.

При восстановлении условно естественного стока, пропусков в рядах наблюдений и для продления рядов наблюдений были опробованы следующие способы:

1) построение графиков связи среднегодовых расходов наносов и среднегодовых расходов воды по одному и тому же гидропосту;

2) построение графиков связи десятичных логарифмов среднегодовых расходов взвешенных наносов (за те годы, когда эти данные надежны) и параметра, являющегося десятичным логарифмом произведения максимальных и средних годовых расходов воды, умноженного на 10^6 . Метод предложен английским ученым Нельсоном Леонардом [6].

Для всех рассматриваемых створов были опробованы оба способа. Теснота связей, построенных с помощью первого способа, оценивается коэффициентом корреляции от 0,73 до 0,90, второго – от 0,87 до 0,95. Следовательно, способ, предложенный Нельсоном Леонардом, оказался более эффективным и был использован при восстановлении условно естественного стока взвешенных наносов.

Один из важнейших показателей качества воды – мутность [4]. В «Санитарных правилах и нормах «Питьевая вода». Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» [4] для мутности воды устанавливается норматив $1,5 \text{ мг/дм}^3$. Поэтому знание мутности воды необходимо при проектировании питьевого и промышленного водоснабжения. При производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне, при сбросе сточных вод содержание взвешенных веществ (по мутности воды) в контрольном створе не должно увеличиваться больше, чем на $0,25 \text{ мг/дм}^3$ по сравнению с мутностью воды в естественных условиях – при использовании водотока для хозяйственно-питьевых нужд населения и рыбного хозяйства, и на $0,75 \text{ мг/дм}^3$ – для коммунально-бытовых нужд [4].

Для определения мутности воды взяли формулу

$$\rho = \frac{R}{Q} \cdot 10^3, \quad (1)$$

где ρ – мутность воды, г/м^3 ; R – сток взвешенных наносов, кг/с ; Q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$.

В результате исследований выявлено, что наибольшая мутность воды характерна для р. Илек – с. Чилик, наименьшая – для р. Терсаккан – п. Астраханский (табл. 3).

Таблица 3

Средние за многолетний период расходы взвешенных наносов, расходы воды и мутность воды

Река – пункт	Период наблюдений, включая годы с восстановленным стоком наносов	Средние многолетние характеристики		
		Q , м ³ /с	R , кг/с	ρ , г/м ³
р. Илек – г. Актобе	1932...1996	17,7	7,71	297
р. Илек – с. Чилик	1932...1996	41,0	29,0	498
руч. Актасты – п. Белогорский	1977...1996	0,22	0,035	118
р. Хобда – с. Новоалексеевка	1961...1996	5,48	0,90	127
р. Сарыхобда – п. Бессарабский	1961...1995	0,58	0,062	105
р. Терсаккан – п. Астраханский	1960...1995	0,41	0,064	47,4

С учетом восстановления пропусков в рядах наблюдений за стоком взвешенных наносов и определения мутности воды их продолжительность в бассейне р. Илек составила более 50 лет – только в двух пунктах (р. Илек – г. Актобе и р. Илек – с. Чилик), от 20 до 36 лет – в остальных четырех пунктах.

За принятый расчетный период методом моментов вычислены средние многолетние характеристики стока (табл. 3). Ошибки вычисления нормы стока взвешенных наносов составили от 10,9 % (р. Илек – г. Актобе) до 3,53 % (руч. Актасты – п. Белогорский). Кроме того, с помощью кривых обеспеченности рассчитаны расходы взвешенных наносов в различные по водности годы (табл. 4).

Таблица 4

Расходы взвешенных наносов (R) в различные по водности годы, кг/с

Река – пункт	Средний R , кг/с	Расходы взвешенных наносов различной обеспеченности			
		10 %	50 %	75 %	95 %
р. Илек – г. Актобе	7,71	20,5	3,96	0,84	0,00
р. Илек – с. Чилик	29,0	75,1	17,1	3,95	0,00
руч. Актасты – п. Белогорский	0,035	0,072	0,032	0,015	0,00
р. Большая Хобда – с. Новоалексеевка	0,90	2,61	0,45	0,00	0,00
р. Сарыхобда – п. Бессарабский	0,062	0,18	0,017	0,00	0,00
р. Терсаккан – п. Астраханский	0,064	0,17	0,042	0,005	0,00

Таким образом, в результате расчетов выявлено, что норма стока взвешенных наносов в условно-естественный период сократилась по сравнению с периодом 1960...1970-х гг. для р. Илек – г. Актобе с 10,0 кг/с (320 тыс. т в год) до 7,71 кг/с (243 тыс. т). А для р. Илек – с. Чилик с

45,5 кг/с (1400 тыс. т в год) до 29,0 кг/с (915 тыс. т). Средняя многолетняя мутность воды уменьшилась для р. Илек – г. Актобе с 480 г/м³ до 297 г/м³, а для р. Илек – с. Чилик с 930 г/м³ до 498 г/м³.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградова Н.Н., Самойлова А.А. Особенности формирования стока взвешенных наносов горных рек при различном режиме выпадения атмосферных осадков – М: Вестник. Московского Университета, Сер.5, география, 1990. – №3. – С. 68-72.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Нижнее Поволжье и западный Казахстан. Урало-Эмбинский район. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 12, Вып. 2 – 152 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Актюбинская область. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 12, Вып. 3 – 515 с.
4. Сан П и Н 2.1.4.559 – 96. «Питьевая вода». Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Изд. Стандартов, 1996. – 186 с.
5. Чигринец Л.Ю. Анализ и расчёт стока наносов горных рек Юго-Восточного Казахстана: Автореф. дис. ... канд. Геогр. Наук / КазНУ им. Аль Фараби – Алматы, 2000. – 24 с.
6. Nelson Leonard M.A. Method of estimating annual suspended sediment discharge. «Geol. Surv. Profess. Pap.», 1970. – № 700. – P. 233-236.

РГП «Казгидромет» г. Алматы

ИЛЕК ӨЗЕНІНІҢ АЛҚАБЫНЫҢ АСЫЛЫП ТҰРҒАН ТАСЫНДЫЛАРЫНЫҢ ШЫҒЫНУЫ

А.О. Домран

Илек өзенінің және оның негізгі саласыларының асылып тұрған тасындыларының тәртібі қарастырылды, статистикалық сипаттамасы анықталды. Асылып тұрған тасындыларының әр түрлі сулылық жалдарда шығынуы анықталды.

УДК 631.425

**ОЦЕНКА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ НА
ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

Канд. техн. наук С.Д. Магай

Выполнена оценка влажности почв в Казахстанской части Голодной степи австралийским почвенным оборудованием. Выявлена зависимость между показателями влажности, определенными современным мониторинговым оборудованием и основным методом.

Рост и развитие растений, особенно сельскохозяйственных культур, всецело зависит от влажности корнеобитаемой зоны. В этой связи этому гидрофизическому показателю уделяется особое внимание. Трудоемкость и большое количество определений влажности на орошаемых землях в период вегетации существующим методом требует много усилий. Поэтому необходимо освоение более совершенных технологий мониторинга за этим параметром.

В наших исследованиях для наблюдения за влажностью почвы в Казахстанской части Голодной степи было апробировано австралийское современное почвенное оборудование фирмы «Sentek Pty Ltd». Специфические природно-климатические и почвенно-гидрогеологические условия данного массива орошения, а также большая вариабельность показателей, их характеризующих, обусловили необходимость проведения детальных исследований.

Использование современного оборудования, позволяет оперативно и без трудоемких затрат определять влажность почвы и влагозапасы в корнеобитаемом слое.

В наших исследованиях применялись:

- стационарные зонды «EnviroSCAN»;
- переносной зонд «Diviner»;
- регистраторы данных «DL2e» и «EnviroSCAN»;
- портативный компьютер.

Используемое оборудование включало комплекты датчиков и зондов, соединенных кабельной связью с регистрирующими устройствами (терминалами), позволяющих вести как непрерывные, так и дискретные наблюдения с

автоматической записью данных, характеризующих изменения почвенных процессов в период роста и развития растений.

«Diviner» – переносная система для измерения влажности почвы. Состоит из зонда и дисплейного устройства для преобразования и хранения данных. Переносной зонд измеряет содержание влаги в почве через каждые 10 см по профилю грунта через стенку пластиковой трубы. Данные собираются из наблюдательных труб, расположенных в характерных точках исследуемого участка. Трубы устанавливаются в пробуренные скважины с помощью специального набора инструментов, поставляемого в комплекте. Для снятия показаний в режиме сканирования не требуется держать зонд на какой-то определенной глубине. При плавном опускании зонда на глубину до 1,6 м, регистрация влажности происходит автоматически на любом нужном уровне. Дисплейное устройство прибора позволяет не только регистрировать, но и хранить информацию до записи на компьютер по 99 профилям или участкам, а также выводить на экран данные последних десяти значений влажности в графической или табличной форме.

«EnviroSCAN» – стационарная система для наблюдения за влажностью почвы. Включает датчики, установленные на планке внутри пластиковой трубы на фиксированной глубине, и регистрирующее устройство, позволяющее автоматически снимать данные через заданные интервалы времени и сохранять их в памяти до передачи в компьютер.

Для корректной работы приборов «Diviner» и «EnviroSCAN» необходима нормализация их датчиков. Каждый датчик нормализуется в герметичной пластиковой трубе путем замеров двух показаний – на открытом воздухе и в воде. Нормализация датчиков нами проводилась в полевых условиях с участием международного консультанта по мониторинговому оборудованию.

Регистратор «DL2e» – программируемое устройство регистрации данных, способное собирать и накапливать показания одновременно от 60-ти различных подключенных к нему датчиков. Особенность регистратора – работа в двух режимах: активном и пассивном. В первом случае передняя кнопочная панель и дисплей регистратора находятся в рабочем режиме, во втором – он продолжает работать в режиме экономного питания.

Общими правилами установки почвенных датчиков является правильность выбора глубины и равномерность распределения по площади участка. Глубина установки датчиков выбиралась из условия охвата всей корневой зоны растений, с целью определения необходимого количества влаги, извлекаемого ими из различных слоев почвогрунтов, для ее последующего восполнения за

счет орошения. Последнее должно обеспечивать растения влагой в соответствии с их потребностью, экономии дефицитной оросительной воды и предотвращать вынос питательных элементов из активного слоя почвы.

При установки датчиков на требуемую глубину применялись специальные приспособления. Для лучшего соприкосновения датчиков с почвой посадочные места заполнялись жидким почвенным раствором (использовалась почва с мест установки датчиков). Чтобы предотвратить попадание воздуха и просадку грунта, места установки датчиков послойно засыпались и трамбовались.

Размещение наблюдательных скважин (пластиковые трубы с герметичными пробкой на дне и винтовой крышкой) для переносного зонда «Diviner» производилось с помощью специального комплекта инструментов. Максимальная глубина погружения зонда – 1,6 м, частота проведения замеров может быть любой.

Применение данного почвенного оборудования позволило проводить непрерывные измерения на стационарных площадках с автоматической регистрацией данных и осуществлять периодические замеры переносными зондами по почвенным профилям, равномерно размещенным по площади участков. Такая система мониторинга позволяет собирать, сохранять и передавать информацию на персональный компьютер для ее дальнейшего использования по назначению.

Результаты мониторинга, осуществленного с помощью оборудования «Diviner» по установленным скважинам, приведены на рис. 1. Показана динамика влажности почвогрунтов на глубинах 30, 100 и 160 см, начиная от промывок и влагозарядки и кончая послеуборочным периодом.

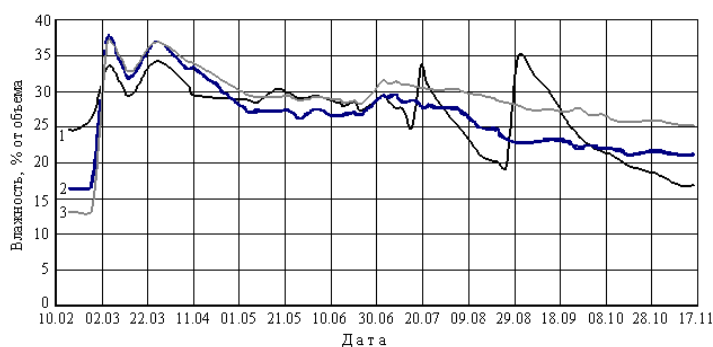


Рис. 1. Динамика влажности почвогрунтов по «Diviner». 1 – 30 см, 2 – 100 см, 3 – 160 см.

1 –

Зимне-весенние промывки и влагозарядка обеспечили довольно высокую влажность активного слоя почвогрунтов вплоть до посева хлопчатника. На глубине 30 см она составляла 28 % от объема, увеличиваясь до 30 % и более на глубинах 100 и 160 см. В летний период вегетационные поливы повышали влажность в основном только в верхних слоях почвы. В нижних горизонтах почвогрунтов влажность при поливах практически не изменялась, и лежала в диапазоне 27...30 % от объема. В конце вегетации влажность почвы в рассматриваемых горизонтах снижалась до 17...20 % от объема.

Надежная работа переносного зонда во многом зависит от механического состава профиля почвогрунтов. В легких слоистых грунтах колебание и дальнейшее понижение уровня грунтовых вод (УГВ) приводит к отслаиванию песка и супеси и нарушению контакта грунта с трубой, что в конечном итоге сказывается на показаниях прибора. Переустановка труб в процессе наблюдения желаемого результата не дает из-за большой пестроты в сложении почвогрунтов (наличия множества прослоек) и дальнейшего понижения УГВ. Для получения надежных данных трубы должны устанавливаться до промывки и сниматься после впитывания воды в почву. Повторную их установку следует начинать, когда уровень грунтовых вод опустится ниже последнего считываемого горизонта.

Полученные материалы мониторинга по стационарному зонду «EnviroSCAN» показывают, что влажность почвы в течение вегетационного периода заметно изменялась только в верхнем тридцатисантиметровом слое: с начала лета до момента проведения первого полива она понижалась с 41 до 20 % от объема. Проведенный полив повышал влажность на этой глубине до 40 % от объема. Второй полив увеличивал влажность почвы с 19 до 39 %. В конце вегетации влажность почвы на глубине 30 см снижалась до 18 % от объема (рис. 2).

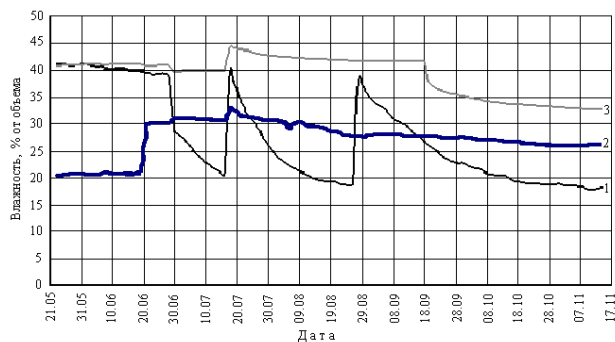


Рис. 2. Динамика влажности почвогрунтов по «EnviroSCAN». 1 – 30 см, 2 – 100 см, 3 – 160 см.

Сравнение показателей влажности почвогрунтов, определенных практикуемым термостатно-весовым способом (B_{mec}) на всех уровнях до глубины 1,6 м во время установки пластиковых труб и переносным зондом (B_{div}) после их установки, свидетельствует о наличии довольно тесной связи между ними ($R^2 = 0,76$) (рис. 3). Полученная зависимость имеет вид степенной функции $B_{mec} = 0,524 \cdot B_{div}^{1,083}$.

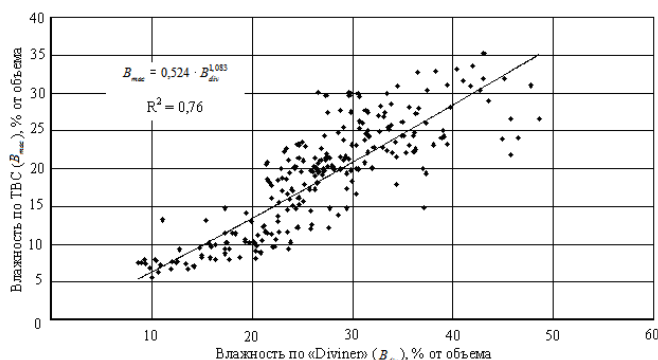


Рис. 3. Зависимость $B_{mec} = f(B_{div})$.

После промывки участка почвогрунты характеризовались как неза-соленные и слабозасоленные, по химизму – сульфатного и хлоридно-сульфатного типа. На среднесоленных землях связи между вышеназван-ными показателями не наблюдалось: коэффициент регрессии по данным наших исследований составил 0,42.

Таким образом, в Казахстанской части Голодной степи почвенное оборудование фирмы «Sentek Pty Ltd» работает корректно только на неза-соленных и слабозасоленных землях, однако их показания необходимо корректировать путем применения коэффициентов или эмпирических формул в виде степенных функций между ними и данными, полученными основным термостатно-весовым методом.

НИИ водного хозяйства, г. Тараз

ИРРИГАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ТОПЫРАҚТЫҢ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ

Техн. ғылымд. канд. С.Д. Магай

Австралиялық топырақ құралының көмегімен Бетпақ даланың Қазақстандағы бөлігінде топырақ грунттарының ылғалдылығы бағаланды. Қазіргі мониторингтік құралмен және негізгі әдіспен анықталған ылғалдылықтың көрсеткіштерінің арасындағы тәуелділік айқындалды.

УДК 634.0.2(574.51)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ГИБРИДНОГО ТОПОЛЯ «КАЗАХСТАНСКИЙ» В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ РАВНИНЫ ИЛЕЙСКОГО АЛАТАУ

Канд. с.-х. наук Д.Н. Сарсекова

В статье приведено определение эколого-экономической стоимости гибридного тополя «Казахстанский» при схеме размещения 2x1,5 м. Стоимость всего запаса со всеми вытекающими полезностями, одной тысячи стволов данного гибрида в 20-летнем возрасте составляет порядка 2,4 млн. тенге.

Для расчета экологического эффекта необходимо знать запас фитомассы. Для этого по данным В.А. Усольцева нами были рассчитаны конверсионные коэффициенты (K_1), для перевода запаса стволовой древесины (m^3) в запас фитомассы (т) для культуры тополя Средне-Европейской провинции (табл. 1) [3].

Таблица 1

Величина переводного конверсионного коэффициента по данным В.А. Усольцева [3]

K_1	Возраст, лет														
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
	0,880	0,750	0,680	0,612	0,572	0,547	0,530	0,520	0,510	0,505	0,500	0,498	0,498	0,498	0,498

Умножая величину коэффициента K_1 на объём 1000 стволов, получаем запас фитомассы в тоннах, затем рассчитываем величины усвоенного древесной массой углерода и кислорода. Для этого используем данные химического состава различных частей древесных растений по С.В. Белову [1], где для тополя эти величины составляют:

Таблица 2

Химический состав различных частей древесных растений

Часть дерева	Углерод (С)	Кислород (O ₂)
Ствол	50,3 %	42,4 %
Сучья, ветви	51,5 %	40,7 %
Листва	45,0 %	42,0 %
Среднее	49,0 %	42,0 %

Для определения количества углерода в древесной массе гибридного тополя принимаем запас фитомассы за 100 %, а средний запас углерода – 49,0 % в 4-летнем возрасте (табл. 2). Таким образом, углерода содержится 3,11 т ($6,34 \times 0,49$) и т.д., а кислорода O_2 – 2,66 т ($6,34 \times 0,42$).

Стоимость кислорода определяется через гидролиз воды [2]. По М.А. Софронову [2] содержание кислорода в прилегающих слоях атмосферы в 700 раз больше, чем углерода, (O_2 – 20,95 % и С – 0,032 %), поэтому, мы стоимость кислорода увеличиваем в 7 раз и получаем стоимость углерода ($4000 \times 7 = 28000$ тенге).

Для того чтобы образовать древесную массу любая растительность в процессе фотосинтеза должна получить из прилегающих слоев атмосферы углекислоту – CO_2 и в результате слаженного взаимодействия, с поставляемой корнями водой, усваивается углерод и кислород, образуя древесину, а излишки кислорода поступают назад в атмосферу (продуцируемый древесной растительностью кислород).

При проведении полного расчета нами получены уточненные коэффициенты. По количеству поглощаемого CO_2 он равен – 1,794, выделяемого CO_2 – 1,370. Применяя эти коэффициенты, все расчеты упрощаются. Например, прирост фитомассы за 2-х летний период составил 6,34 т. При создании этой фитомассы в атмосферу выделится кислорода $6,34 \times 1,370 = 8,66$ т. Умножая полученную величину на стоимость кислорода, получаем стоимость продуцируемого кислорода.

Для определения санитарно-гигиенического эффекта изучаемых гибридных тополей использовали производство кислорода 1 га насаждений [3], при этом нами учтена расчетная стоимость 1 т кислорода.

Аналогично определена стоимость пылеулавливающей установки (скруббер), которая при производстве 38,1 т в сутки равна 3700 тенге (с учетом курса доллара на 2008 г.). Фитонцидность 1 га лиственного леса в пересчете на тенге составляет 7500. Учитывая незначительные объемные показатели тополя в молодом возрасте, а следовательно и соответствующую продуктивность, снижаем величину пылеулавливающей способности и фитонцидности в зависимости от возрастных показателей.

Суммарная стоимостная оценка продуктивности 1 тыс. стволов гибридного тополя и его экологический эффект складываются из следующих показателей:

- стоимости древесины, тенге;
- стоимости усвоенного углерода и кислорода в древесной массе;
- стоимости продуцируемого кислорода;
- стоимости фитонцидной и пылеулавливающей способности.

Таблица 3

Ход роста модельного дерева гибридного тополя «Казахстанский» (пробная площадь №1 размещение 2,5×1 м).
Стоимостная оценка продуктивности 1 тыс. стволов тополя «Казахстанский» при размещении 2,5×1 м

Возраст, лет	Текущий прирост по объему			Перевод K_1	Усвоенный углерод в древесной массе, т				Усвоенный кислород в древесной массе, т			Продуктивность по кислороду, т	Стоимость выделенного кислорода в атмосферу, тенге	Стоимостная оценка, тенге			Стоимость общей продуктивности гибридного тополя, млн. тенге	
	Объем 1000 стволов, м ³	прирост	Стоимость запаса наращивания (200 тенге)		запасы стволовой древесины	прирост	Стоимость стволовой древесины	прирост	стоимость, 28000 тенге	фитомасса стволовой древесины	прирост			стоимость, 4000 тенге	фитонцидность	пылеулавливающей способности		Стоимость прироста показателей тополя, тыс.тенге
2	0,2	7,0	1400	0,900	0	6,34	0	3,11	87080	0	2,66	10640	8,66	34640	2250	1110	135,72	
4	7,2	32,1	6420	0,880	6,34	23,14	3,11	11,33	317240	2,66	9,72	38880	31,70	126800	4500	2220	489,64	1,4
6	39,3	34,3	6860	0,750	29,48	20,57	14,44	10,08	282240	12,38	8,64	34560	28,18	112720	6000	2960	438,40	0,6
8	73,6	32,3	6460	0,680	50,05	14,76	24,52	7,24	202720	21,02	6,20	24800	20,22	80880	7500	3700	319,60	1,1
10	105,9	30,1	6020	0,612	64,81	12,98	31,76	6,36	178080	27,22	5,45	21800	17,78	71120	7500	3700	282,20	1,4
12	136,0	26,4	5280	0,572	77,79	11,04	38,12	5,41	151480	32,67	4,64	18560	15,12	60480	7500	3700	241,72	1,7
14	162,4	26,8	5360	0,547	88,83	11,45	43,53	5,61	157080	37,31	4,81	19240	15,69	62760	7500	3700	250,28	1,9
16	189,2	16,0	3200	0,530	100,28	6,48	49,14	3,17	88760	42,12	2,72	10880	8,88	35520	7500	3700	146,36	2,2
18	205,3	12,0	2400	0,520	106,76	4,06	52,31	1,99	557250	44,84	2,70	6800	5,56	22240	7500	3700	95,960	2,3
20	217,3			0,510	110,82		54,30					46,5						2,4

Полученную конечную сумму стоимостной оценки всех полезностей, включая экологические, желательно выровнять, в зависимости от возраста, т.к. отклонения неизбежны, можно применить любое математическое выравнивание для криволинейной зависимости.

Таким образом, все проделанные расчёты и определение запаса фитомассы, напрямую зависят от объемных показателей ствола. Чем больше объем ствола дерева, тем продуктивнее оно выполняет свои экологические функции, о чем говорилось выше.

Стоимостная оценка стволовой древесины бралась по базовым ставкам платы за древесину, отпускаемую на корню. Размер ставок (тенге) за 1 м³ деловой древесины в зависимости от диаметра отрезков ствола в верхнем торце, без коры, которая для тополя имеет следующую стоимость:

крупная (25 см и более) – 570 тенге;

средняя (от 13 до 24 см) – 400 тенге;

мелкая (от 3 до 12 см) – 200 тенге;

дровяная древесина в коре – 120 тенге.

Мы берем одну расценку – 200 тенге для молодого возраста завышая, а для старшего – занижая стоимость, в конечном итоге все нивелируется, и при расчетах не возникает скачкообразных показателей и сохраняется системность. Таким образом, как видно (табл. 3), стоимость всего запаса со всеми вытекающими полезностями одной тысячи стволов тополя «Казахстанского» при размещении 2,5×1 м в 20-летнем возрасте составляет примерно 2,4 млн. тенге.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов С.В. Оценка гигиенической роли леса. // Лесное хозяйство. – 1964. – № 1. – С. 8 – 13.
2. Софронов М.А. О кислородопроизводящей функции леса. // Лесное хозяйство. – 1996. – № 5. – С. 27-29.
3. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии. Нормативы и элементы географии. – Екатеринбург: УрОРАН, 2002. – 761 с.

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы

ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ БӨКТЕРІНДЕГІ ЖАЗЫҚТЫҚ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ «ҚАЗАҚСТАНДЫҚ» ГИБРИДТІК ТЕРЕКТЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ

А.-ш. ғылымд. канд. Д.Н. Сәрсекова

Мақалада 2×1,5 аралықта орналасқан «Қазақстан» буданды терегінің экологиялық-экономикалық құндылығын анықтау келтірілген. Нақты 20 жылдық буданды теректің бір мың діңінің барлық пайдалы жақтарымен есептегенде қор шамамен 2,4 млн. теңгені құрайды.

УДК 546.212; 556.531.4

ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕК И ВОДОЕМОВ СЕВЕРНОГО СКЛОНА ИЛЕЙСКОГО АЛАТАУ В 2009 ГОДУ

Доктор геогр. наук С.М. Романова
Г. Сымтыкова
Д. Купшыгар
Н. Антонова

Дана характеристика химического состава воды водных объектов Северного склона Илейского Алатау. Рассчитаны значения комплексного индекса загрязненности воды с целью оценки её качества.

Казахстан один из малообеспеченных водными ресурсами среди стран СНГ. Более 60 % его территории расположено в аридной зоне, имеющей низкое увлажнение и крайне неравномерное распределение водных ресурсов. Наиболее острой экологической проблемой является дефицит пресной воды, что является опасным для устойчивого развития страны. Причиной дефицита водных ресурсов являются, прежде всего, природные условия (90 % стока рек приходится на весенний период), формирование почти половины стока (56,5 км³) на территории сопредельных государств, а также экстенсивное использование, чрезмерное безвозвратное водопотребление на орошение и потери воды. Кроме того, поверхностные водные ресурсы подвержены значительным временным колебаниям.

На территории Алматинской области дефицит восполняется пресной водой рек Северного склона Илейского Алатау (ССИА). В связи с этим, изучение химического состава и качества воды рек и водоемов является актуальным, своевременным и перспективным.

Следует отметить, что малые реки, к которым относятся водотоки ССИА, обычно имеют небольшую водность и глубину, неблагоприятные условия смешения и разбавления загрязняющих веществ, и, как следствие, низкую самоочищающую способность и зависимость качества их вод от антропогенного воздействия.

В поверхностных водах рек и водоемов содержится большое число различных химических веществ минеральной и органической природы в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях, включая те, которые ранее отсутствовали в биосфере (например, хлор-, фосфорорганические пестициды,

синтетические поверхностно-активные вещества). Только при токсических выбросах в атмосферу в поверхностные воды может поступать более 200 химических элементов и их соединений, которые затем проникают в почву и воду.

Исследование химического состава воды таких рек ССИА, как Каскелен, Улькен и Киши Алматы, Есентай, Талгар, Есик, Тургень более или менее регулярно проводится сетью Казгидромета, а реки ручейкового типа остаются без внимания. Кроме того, комплексное физико-химическое изучение речных вод данной территории, включающее исследование процессов метаморфизации, практически не проводилось с 1961 года. Вопрос о влиянии на качество жизни и обстановка с обеспечением населения доброкачественной питьевой водой до сих пор остается открытой.

В соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» (рег. № 022/10061 от 25.12.2001) отбор произведен с целью получения дискретной пробы, отражающей качество исследуемой воды. Объем взятой пробы соответствовал установленному в нормативном документе объему с учетом количества определяемых ингредиентов и возможности проведения повторного химического анализа. Устанавливался один горизонт – до 0,1 и 0,3 м от поверхности воды, соответственно, для рек ручейкового типа и водоемов.

В качестве пробоотборника применялись химически стойкие к исследуемой воде стеклянные и пластмассовые емкости. Пробы отбирались вручную специальными приспособлениями. Отбор проб воды сопровождался гидрологическими наблюдениями и определениями физических свойств (температура, цветность, прозрачность, запах).

В процессе работ использовались действующие методики [3-6]. Согласно рекомендациям [5, 6] определение неустойчивых компонентов воды (рН, HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_2^- , NH_4^+ , окисляемость, O_2 , CO_2) проводилось сразу после отбора проб, остальных – в лаборатории после консервирования соответствующими реагентами.

Для определения компонентов химического состава воды были применены общепринятые в гидрохимической практике методы. Проверка указанных методов показала, что процент ошибок не превышал допустимых значений их погрешности. Все пробы воды анализировались минимум в трех-четырёхкратной повторности. Для получения достоверных выводов применялась математическая обработка [7].

В настоящее время, для комплексной оценки качества воды в системе РГП «Казгидромет» и других организациях, прямо или косвенно связанных с исследованием качества природных вод, используют «Методиче-

ские рекомендации по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям» (Госкомгидромет СССР, Москва, 1988). Данные рекомендации применяют в Кыргызстане, Узбекистане и Таджикистане. Ученые Казахстана под руководством профессора М.Ж. Бурлибаева разработали методические рекомендации по комплексной оценке качества природных вод по гидрохимическим показателям для условий республики [1, 2]. Авторы предлагают разработанную ими классификацию поверхностных вод в соответствии с их качеством, а также способ определения и классификацию загрязненности вод по гидрохимическим показателям выполнять с учетом класса опасности ингредиентов. На основании тщательного и критического анализа имеющихся расчетных показателей авторы рекомендуют формулу для индекса загрязненности воды (ИЗВ) природных водоемов. Для получения реальной оценки загрязненности водного объекта определяемый комплексный индекс загрязненности воды (КИЗВ) может быть вычислен как в пространстве, так и во времени (для каждого месяца, сезона, года, по течению реки, по акватории водоема и т.п.). Кроме того, при постоянстве числа групп условных объединений (ГИ – главные ионы; БЭ – биогенные элементы; ТМ – тяжелые металлы; ЯВ – ядовитые вещества; ОВ – органические вещества; ХОП – хлорорганические пестициды), компоненты, учтенные в определении средневзвешенного группового ИЗВ, могут меняться в зависимости от наличия данного химического анализа за исследуемый период. Авторы также обосновывают нецелесообразность объединения в общий ряд определения ИЗВ растворенный кислород, БПК₅, ХПК и производить отдельную оценку качества вод по этим показателям. Следует отметить, что разработанная и предложенная М.Ж. Бурлибаевым успешно апробирована на реках РК и впервые применена нами, гидрохимиками КазНУ им. аль-Фараби, на крупном водоеме – оз. Балхаш.

По результатам химического состава воды нами произведен предварительный расчет КИЗВ, который используется для сравнения и выявления динамики изменения качества вод, т.е. для установления уровня загрязнения поверхностных вод суши.

Основными критериями качества вод по гидрохимическим показателям являются значения ПДК загрязняющих веществ для водоемов и водотоков рыбохозяйственного назначения. За период исследования было организовано 9 экспедиционных выездов на водные объекты ССИА (с января по сентябрь) (табл. 1). При этом производился отбор проб и замеры расходов

воды, определялась температура и неустойчивые компоненты химического состава, консервировались отдельные пробы для определения остальных компонентов состава в стационарных условиях.

Таблица 1

Объем полевых работ

Месяц	Количество проб воды				Всего
	озеро, водохранилище	река	атмосферные осадки	грунтовые воды	
Январь	-	1	-	-	1
Февраль	-	20	2	2	24
Март	-	25	3	-	28
Апрель	-	25	1	3	29
Май	-	32	1	-	33
Июнь	1	15	-	1	17
Июль	1	25	-	1	27
Август	1	24	-	3	28
Сентябрь	2	27	-	-	29
Всего	5	194	7	10	216

В отборе проб воды рек Талгар, Теренкара, Ашибулак, Тургень, Есик принимали участие студенты КазНУ им. аль-Фараби Н. Антонова, Г. Смагулова, Е. Абжамиев, Г. Сымтыкова. Всего отобрано 216 проб воды рек, озер, водохранилищ, атмосферных осадков и грунтовых вод. Выполнен химический анализ отобранных проб воды: определено содержание растворенного кислорода, значение рН, концентрация главных ионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^-), биогенных элементов (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , P, Si, Fe), микроэлементов (фтор, марганец), легкоокисляющихся органических веществ (по перманганатной окисляемости), общая жесткость. В 8 пробах дополнительно определено содержание некоторых тяжелых металлов.

С января по сентябрь 2009 г. изучен химический состав воды 20 малых рек и рек ручейкового типа ССИА; грунтовых вод и атмосферных осадков; водоемов (оз. Сайран, оз. Аэропортовское), Капшагайского водохранилища, Большого Алматинского канала (БАК). Реки Киши Алматы, Улькен Алматы, Каскелен, Есентай обследованы по течению.

Содержание растворенного в воде кислорода в реках ССИА колеблется в пределах 3,25...11,48 мг/дм³. По критериям водоемов рыбохозяйственного назначения содержание кислорода в воде открытого периода (не зима) лимитируется ПДК $\geq 6,0$ мг/дм³. Наименьшие концентрации кислорода обнаружены в водах рек ручейкового типа (р. Солоновка – 3,28; Карасу –

3,25...4,22 мг/дм³), в остальных реках содержание кислорода больше нормы и вода оказывается благоприятна для обитания гидробионтов. В большинстве случаев концентрация кислорода больше в той воде, температура которой ниже. Обратная картина наблюдается в загрязненных водах. Вода во всех реках имеет слабо щелочную или близкую к нейтральной реакцию среды, значения рН составляют 6,54...8,73.

По классификации А.М. Овчинникова вода этих рек относится к ультрапресным (минерализации меньше 200 мг/дм³) или пресным (0,2...0,5 г/дм³). Воды с относительно повышенной минерализацией (0,5...1,0 г/дм³) выявлены в притоках рек и реках ручейкового типа. Самые высокие значения минерализации зафиксированы в воде р. Карасу (у ГКБ №4), достигшие 709,0...1066,5 мг/дм³ в апреле; 914 мг/дм³ в воде р. Казачка в июле; 893,3 мг/дм³ в воде р. Солоновка в июне и 931,0 мг/дм³ в воде р. Мойка в апреле. Для таких значений минерализации характерно преобладание в ионном составе сульфатных или хлоридных ионов из анионов и суммы натрия и калия из катионов. Кроме того, для ручейковых вод отмечен третий тип воды в отличие от более крупных рек, имеющих в большинстве случаев второй, реже первый тип воды. Известно, что воды Ш типа являются метаморфизованными, в которых активно протекают различные физико-химические процессы в системе «вода – донные отложения – почвы – растения». Индекс воды по О.А. Алекину для таких вод C_{III}^{Ca} , S_{II}^{Na} , Cl_{II}^{Na} , C_{III}^{Mg} .

По жесткости воды реки в верховьях относятся к очень мягким (до 1,5 ммоль/л экв.). В низовьях рек общая жесткость возрастает, вода становится более жесткой (1,5...3,00 ммоль/л экв.). В водах рек ручейкового типа (Султанка, Солоновка, Карасу, Мойка, Казачка) общая жесткость достигает 7,65...9,40 ммоль/л экв., что относится к очень жесткой воде.

Вода всех рек содержит в своем составе кроме главных ионов, биогенные и органические вещества, микроэлементы фтор, марганец и другие тяжелые металлы. Из соединений азота преобладающим является азот нитратный, меньшее количество азота аммонийного, затем азота нитритного. Из всех биогенных элементов больше всего растворено в воде соединений кремния. Концентрация фосфора колеблется в пределах 0...2,444 мг/дм³, причем, как и следовало ожидать, наибольшие содержания зафиксированы в речках Карасу (40,7 ПДК), Мойка (28,2 ПДК) и Султанка (20,0 ПДК) в июле.

В воде малых рек и их притоков концентрация фтора колеблется в пределах $0...1,80$ мг/дм³ (2,4 ПДК). Наименьшие концентрации фтора, либо его отсутствие зафиксировано в воде рек в зимний период. Самая высокая концентрация, превышающая ПДК в 4,7 раза, обнаружена в воде р. Есентай (пр. Рыскулова) в феврале. Марганец обнаружен в 208 пробах воды из 216, причем в большинстве случаев в концентрациях, превышающих ПДК в $1,2...12,8$ раз. По течению реки отмечается накопление большинства компонентов химического состава.

Исследован химический состав воды Капшагайского водохранилища, озер Есик, Сайран и Аэропортовское. Установлено, что общая минерализация изменяется в пределах $106,3...386,7$ мг/дм³, жесткость $1,3...4,15$ ммоль/л экв. В ионном составе преобладают гидрокарбонаты и кальций, индекс воды по Алекину постоянно S_{ca} . В воде содержатся биогенные элементы, органические вещества ($1,40...6,59$ мгО/л) и микроэлементы. Так, сумма азота колеблется в пределах от 0,237 до 5,800 мгN/л, причем на долю нитратного азота приходится 92...98 %. Концентрация фтора составляет $0,4...1,6$ мг/дм³, а марганца $5...25$ мкг/дм³.

Вода БАКа пресная, сумма солей не превышает $211,3$ мг/дм³, гидрокарбонатно-кальциевая второго типа. Сумма различных форм азота составляет $0,412...1,632$ мгN/л, причем преобладающими являются нитратные ионы (до 87 %). Фтора в воде канала меньше ($0,05...1,00$ мг/дм³), а марганца, наоборот, больше в $2,3...10,0$ раза, чем в водоемах.

Состояние загрязнения воды рек ССИА по гидрохимическим показателям с января по сентябрь 2009 г. оценено по рассчитанным значениям КИЗВ (табл. 2, рис. 1). Установлено, что самую чистую воду с января по сентябрь имеют р. Киши Алматы (верховье, каток Медео) и р. Талгар (кроме августа). Здесь значения КИЗВ наименьшие ($0,3...0,9$). Реки ручейкового типа – Карасу, Мойка, Солоновка, Казачка и оз. Аэропортовское, превращенные в настоящее время в сточные канавы, имеют воду III-IV класса, т.е. умеренно загрязненную или загрязненную за весь период исследования.

Состояние загрязнения рек Северного склона Илейского Алатау по гидрохимическим показателям, 2009 г.

Река	КИЗВ	Класс и характеристика воды
Каскелен (верховье)	0,40 (июль)	II класс, «чистая» (КИЗВ 0,3...1,0)
	1,0 (сентябрь)	II класс, «чистая»
	1,25 (май)	III класс, «умеренно загрязненная»
Каскелен (низовье)	0,62 (февраль, март)	II класс, «чистая»
	0,92 (июль)	II класс, «чистая»
	1,12 (сентябрь)	III класс, «умеренно загрязненная»
Улькен алматы (верховье)	0,5...0,9 (апрель – июль)	III класс, «умеренно загрязненная»
	1,2 (август, сентябрь)	III класс, «умеренно загрязненная»
Улькен алматы (низовье)	0,50...0,62 (апрель – сентябрь)	II класс, «чистая»
	1,1 (июль, август)	III класс, «умеренно загрязненная»
Киши алматы (верховье)	0,4...0,8 (январь – сентябрь)	II класс, «чистая»
Киши алматы (низовье)	до 0,9 (май, август)	II класс, «чистая»
	1,05...1,8 (февраль – июль)	III класс, «умеренно загрязненная»
Талгар	0,3...0,82(февраль – июль)	II класс, «чистая»
	0,58 (сентябрь)	II класс, «чистая»
	1,32 (август)	III класс, «умеренно загрязненная»
Султанка	0,86 (май)	II класс, «чистая»
	0,51 (сентябрь)	II класс, «чистая»
	1,21...1,80 (апрель, июнь – август)	III класс, «умеренно загрязненная»
Карасу	1,3...2,4 (февраль – июль, сентябрь)	III класс, «умеренно загрязненная»
	3,6 (август)	IV класс, «загрязненная»

Ащибулак	0,35...0,90 (апрель – сентябрь)	II класс, «чистая»
Мойка	1,1...2,25(февраль – сентябрь)	III класс, «умеренно загрязненная»
Теренкара	0,48...0,8 (март – июль, сентябрь)	II класс, «чистая»
	1,1 (август)	III класс, «умеренно загрязненная»
Казачка	0,68 (май)	II класс, «чистая»
	1,4...2,4 (июнь – сентябрь)	III класс, «умеренно загрязненная»
Капшагайское водохранилище	0,52 (июнь – сентябрь)	II класс, «чистая»
Оз. Есик	0,49 (июнь – сентябрь)	II класс, «чистая»
Оз. Сайран	0,66 (июнь – сентябрь)	II класс, «чистая»
Оз. Аэропортовское	2,25 (июнь – сентябрь)	III класс, «умеренно загрязненная»

Примечание: II класс, «чистая» – КИЗВ = 0,31...1,0; III класс, «умеренно загрязненная» – КИЗВ = 1,01...2,5;
IV класс, «загрязненная» – КИЗВ = 2,51...4,0.

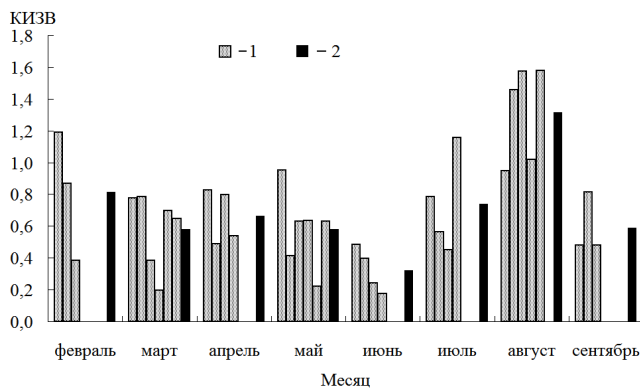


Рис. 1. Изменение КИЗВ на р. Талгар (г. Талгар), 2009 г. 1 – однократная проба, 2 – средняя за месяц.

В подавляющем большинстве случаев наибольший вклад в средневзвешенный КИЗВ вносят тяжелые металлы, а в оз. Аэропортовском – биогенные элементы (рис. 2).

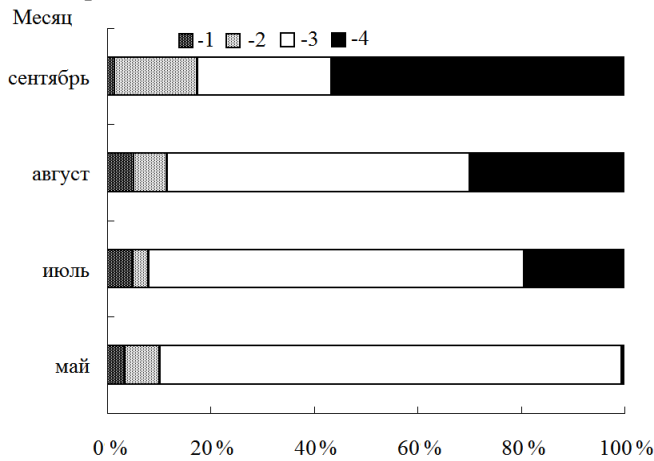


Рис. 2. Изменение групповых ИЗВ в воде р. Каскелен (верховье), 2009 г. 1 – ИЗВ_{ГИ}, 2 – ИЗВ_{БЭ}, 3 – ИЗВ_{ТМ}, 4 – ИЗВ_{ЯВ}.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о негативном развитии гидроэкологической ситуации в бассейнах малых рек Северного склона Илейского Алатау и подтверждают опасения, высказанные специалистами и учеными, занимающимися проблемами водных ресурсов [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базарбаев С.К., Бурлибаев М.Ж. и др. Современное состояние загрязнения основных водотоков Казахстана ионами тяжелых металлов. – Алматы: Каганат, 2002. – С. 130 – 191.

2. Методика определения обобщенного показателя качества поверхностных вод //Материалы ВНИИВО к разделу. Охрана вод». «Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов страны на период до 2005 года». – Харьков: 1985. – С. 22 – 38.
3. Методические указания. Метод организации и порядок проведения аналитического контроля загрязнения водных объектов. Основные требования. 1997 г.
4. ПР РК 52.5.06 – 03 Методические рекомендации по проведению комплексных обследований и оценке загрязнения природной среды в районах подверженных интенсивному антропогенному воздействию.– Астана.: Каганат. – 2003. – 80 с.
5. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова). – Л.: Гидрометеиздат. – 1977. – 541 с.
6. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. / Энциклопедический справочник. – М.: «Альтернатива», 1995. – 618 с.
7. Чарыков А.К. Математическая обработка результатов химического анализа. – Л.: Химия, 1984. – 168 с.
8. Экологизация водопользования г. Алматы (проект). Оценка качества поверхностных вод в границах влияния г. Алматы на окружающую среду: Отчет НИР /АГУООС. – Алматы, 1999. – 169 с.

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

**ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ СОЛТҮСТІК БЕТКЕЙІНДЕГІ ӨЗЕН
СУЛАРЫНЫҢ ЖӘНЕ СУҚОЙМАЛАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ
ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ САПАСЫНЫҢ 2009 Ж. СИПАТТАМАСЫ**

Геогр. ғылымд. докторы С.М. Романова
 Г.А Сымтыкова
 Д. Купшыгар
 Н. Антонова

Іле Алатауының Солтүстік беткейіндегі су объектілері суларының химиялық құрамының сипаттамасы берілген. Осының негізінде осы сулардың сапасын бағалау мақсатында судың ластану индексінің кешенді мәндері есептелген.

УДК 551.583 (282.255.51)

**ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ИОННОГО СТОКА
РЕКИ ИЛИ**

Ж.К. Турениязова

При многолетнем зарегулировании водохранилищем стока р. Или антропогенная составляющая ионного стока последовательно нарастает от маловодного к многоводному году. Значительные изменения в солевом составе воды отмечаются в основном за счет ионов Mg^{2+} , SO_4^{2-} и Cl^- .

В результате строительства и ввода в эксплуатацию Капчагайского водохранилища в низовье р. Или коренным образом изменен гидрологический режим. В связи с этим, представляет интерес определение поступления солевого стока в оз. Балхаш и его изменение, обусловленное влиянием Капчагайского водохранилища.

Многолетние исследования показали, что при зарегулировании водного стока рек состав химических ингредиентов воды претерпевает заметные изменения [1, 5]. В результате трансформации водных масс и их взаимодействия с ложем водохранилища наблюдается перераспределение главных ионов – концентрация сульфатов, хлоридов, натрия и калия увеличивается, гидрокарбонатов и кальция уменьшается. Влияние водохранилищ на нижележащий участок реки прослеживается на сотни километров вниз по течению. Характерные изменения в химическом составе воды были отмечены и в р. Или [2, 4]. Необходимо отметить, что происходящие изменения под влиянием Капчагайского водохранилища коснулись в первую очередь внутригодовой динамики гидрохимических показателей, хотя речной сток, как и прежде, соответствует по классификации О.А. Алекина гидрокарбонатному классу кальциевой группы.

Путем слежения за изменением концентрации химического элемента в речном стоке нельзя дать количественную оценку антропогенной составляющей вследствие очень значительных колебаний природных концентраций, связанных с колебаниями водного стока. Поэтому для количественной оценки поступления в водоемы химических элементов антропогенного генезиса предложена разработка критериев изменения солевого (анионно-катионного) состава речного стока под влиянием антропогенно-

го воздействия [3]. Отработка данной методики производилась на примере крупных рек СНГ, антропогенная составляющая солевого стока которых в настоящий период оценивается в среднем величиной порядка 15...20 %.

В качестве репера использована концентрация гидрокарбонатных ионов, поскольку в речных водах она, прежде всего, определяется подвижным карбонатно-кальциевым равновесием. Несмотря на некоторое поступление в реки гидрокарбонатных ионов за счет антропогенного фактора, их количество в воде практически не возрастает, ограниченное низкой растворимостью карбоната кальция. Выполненные расчеты [6] также подтвердили, что создание Капчагайского водохранилища существенно не повлияло на среднегодовую концентрацию HCO_3^- в р. Или.

Для оценки антропогенного воздействия на солевой состав р. Или весь период наблюдений за химическим составом воды подразделяется на периоды естественного и нарушенного гидрохимического режимов и рассматривается по годам различной обеспеченности (25, 50, 75, 95 %).

В период зарегулирования стока р. Или характерным изменением было сокращение объемов стока, что важно в свете известной классической закономерности, согласно которой сток растворенных химических веществ в значительной мере определяется их водностью. По результатам расчетов уменьшение солевого стока отмечается только при $P = 75\%$. Если в естественных условиях суммарный ионный сток составил 4,53 млн. т, то после создания и ввода в эксплуатацию Капчагайского водохранилища поступление солей сократилось до 4,22 млн. т, то есть на 7 %. Тогда как при другой водности года явно прослеживается значительное увеличение солевого стока. Например, в многоводный год с $P = 25\%$ вынос рекой в оз. Балхаш растворенных солей возрос на 0,58 млн. т, $P = 50\%$ – 0,76 млн. т, $P = 95\%$ – 0,30 млн. т (табл. 1).

Как показали результаты сравнительного анализа, в ионном составе р. Или отмечается независимо от водности года несомненный рост ионов – Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- и $\text{Na}^+ + \text{K}^+$. Например, при $P = 25$ и 50% катионы Mg^{2+} увеличились на 10...64 %, SO_4^{2-} – 70...79 %, Cl^- – 45...77 %, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ – 52...61 %. В среднемаловодном году с $P = 75\%$ зарегистрировано значительное возрастание анионов Cl^- (65 %), также SO_4^{2-} на 19 %. Увеличение солей при $P = 95\%$ наблюдается за счет ионов Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (24...25 %) и SO_4^{2-} (19 %). Относительно катионов Ca^{2+} отмечается тенденция уменьшения (14...35 %) независимо от водности года.

Таблица 1

Солевой состав р. Или при естественном (ЕГР) и нарушенном (НГР) гидрологическом режимах

Режим	Средний вынос, млн. т						Общий вынос, млн. т	Объем стока, км ³
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl		
P = 25 %								
ЕГР	1,01	0,11	0,44	2,95	0,77	0,26	5,55	16,8
НГР	0,66	0,29	0,71	2,64	1,38	0,46	6,13	15,9
в % при НГР								
	65	264	161	89	179	177	110	95
Антропогенная составляющая выноса								
	36	65	45	0	50	50		
P = 50 %								
ЕГР	0,67	0,10	0,33	2,14	0,66	0,22	4,12	14,3
НГР	0,56	0,21	0,50	2,16	1,12	0,32	4,88	12,6
в % при НГР								
	84	210	152	101	170	145	118	88
Антропогенная составляющая выноса								
	21	52	34	0	40	31	15	
P = 75 %								
ЕГР	0,66	0,24	0,38	2,17	0,87	0,20	4,53	13,5
НГР	0,46	0,21	0,44	1,89	0,89	0,33	4,22	12,5
в % при НГР								
	70	88	116	87	102	165	93	94
Антропогенная составляющая выноса								
	24	0,5	25	0	15	45	7	
P = 95 %								
ЕГР	0,50	0,16	0,34	1,77	0,69	0,18	3,65	11,0
НГР	0,43	0,20	0,42	1,76	0,82	0,31	3,95	10,3
в % при НГР								
	86	125	124	99	119	172	108	94
Антропогенная составляющая выноса								
	16	20	19	0	16	42	7	

При непосредственном сопоставлении как общегодового солевого стока и годового выноса отдельных ионов, так и их среднегодовых концентраций фактически невозможно количественно оценить антропогенную составляющую ионного стока. В таких случаях критерием антропогенного воздействия на солевой (анионно-катионный) состав речного стока могут служить величины отношений содержания HCO₃⁻ иона к содержанию других компонентов солевого состава.

Из анализа табл. 2 следует, что по мере непропорционального возрастания концентрации ионов Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- и $Na^+ + K^+$ антропогенного генезиса, понижаются величины отношения гидрокарбонатного к этим компонентам. В многоводном году с $P = 25\%$ обеспеченностью в результате значительных антропогенных поставок катионов магния величины отношения HCO_3^-/Mg^{2+} в стоке понизились в 2,7 раза, $HCO_3^-/Na^+ + K^+$, SO_4^{2-} – в 1,8 раза, HCO_3^-/Cl^- – в 1,7 раза. Соответственно в значительной степени изменились соотношения главных ионов к HCO_3^- . При $P = 50\%$ отмечается значительное изменение величины отношения HCO_3^-/Mg^{2+} (в 1,9 раза), в меньшей степени – HCO_3^-/SO_4^{2-} (в 1,5 раза), $HCO_3^-/Na^+ + K^+$, Cl^- (в 1,3 раза). В среднемаловодный год с $P = 75\%$ величины отношения HCO_3^-/Cl^- понизились в 1,9 раза, HCO_3^-/SO_4^{2-} – в 1,5 раза, $HCO_3^-/Na^+ + K^+$ – в 1,2 раза. Величины изменения отношения HCO_3^- к другим ионам при $P = 95\%$ незначительные и составляют: HCO_3^-/Cl^- – в 1,6 раза, HCO_3^-/SO_4^{2-} – в 1,3 раза, HCO_3^-/Mg^{2+} , $HCO_3^-/Na^+ + K^+$ – в 1,2 раза. Минимально изменились и величины отношения HCO_3^-/Ca^{2+} в сторону увеличения, связанные с уменьшением концентрации Ca^{2+} независимо от водности года.

Таблица 2

Величины отношения содержания гидрокарбонатных ионов к другим компонентам ионного состава р. Или

Режим	Величина отношения HCO_3^- к ионам				
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	SO_4^{2-}	Cl^-
P = 25 %					
ЕГР	2,8	25,1	6,2	3,4	10,4
НГР	4,4	9,2	3,7	2,0	5,7
P = 50 %					
ЕГР	3,3	16,7	5,4	2,9	8,3
НГР	3,9	9,9	4,1	1,9	6,4
P = 75 %					
ЕГР	3,3	7,5	5,0	3,2	10,1
НГР	4,1	8,9	4,3	2,1	5,6
P = 95 %					
ЕГР	3,6	10,5	5,1	2,9	9,4
НГР	4,2	8,9	4,2	2,2	5,7

Влияние Капчагайского водохранилища на сток ионов Ca^{2+} обусловило возникновение жесткой положительной корреляционной связи с водным стоком, ослабило природную связь с их концентрациями до незначимой. Также в большинстве случаев отмечается тесная связь стока $Na^+ + K^+$ с кон-

центрацией, по отношению стока главных ионов с объемом стока коэффициент корреляции высокий и колеблется в пределах 0,65...0,93 (табл. 3).

Таблица 3

Корреляционная связь стоков ионного состава р. Или с их концентрацией (1) и водным стоком (2)

P, %	HCO ₃ ⁻		SO ₄ ²⁻		Cl ⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Na ⁺ + K ⁺	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
25	0,04	0,89	0,94	0,70	0,43	0,88	0,76	0,73	0,84	0,44	0,93	0,45
50	0,56	0,88	0,82	0,35	0,87	-0,02	0,72	0,88	0,19	0,92	0,88	-0,09
75	0,41	0,89	0,65	0,76	-0,05	0,82	0,44	0,88	0,13	0,66	0,65	0,66
95	0,34	0,83	0,18	0,79	0,36	0,92	0,69	0,92	0,27	0,75	0,75	0,60

Отмеченная в природных условиях стабильность величин отношения HCO₃⁻ ионов к компонентам солевого (анионно-катионного) состава в речном стоке, позволяет использовать их в качестве «фоновых эмпирических» коэффициентов для оценки антропогенной составляющей ионного стока. Величина антропогенной составляющей в ионном стоке р. Или при различных водностах года определен по формуле:

$$G^i = G_{\Sigma} - \frac{G_{HCO_3^-}}{K_{\phi}}$$

где, G^i – антропогенная составляющая стока рассматриваемого компонента солевого состава за расчетный период; G_{Σ} – суммарный вынос компонента солевого стока за расчетный период (включающий природную и антропогенную составляющие); $G_{HCO_3^-}$ – вынос гидрокарбонатного иона за расчетный период; K_{ϕ} – «фоновый» эмпирический коэффициент, равный отношению содержания гидрокарбонатных ионов к содержанию соответствующего компонента ионного состава в природных условиях, относительно которого отсчитывают нарастание антропогенной составляющей солевого стока.

Результаты расчетов представлены в табл. 1. Антропогенная составляющая ионного стока последовательно нарастает от маловодного к многоводному году, где их показатели варьируют в пределах 7...19 %. Например, при P = 25 и 50 % суммарный солевой сток возрастает от 4,88 до 6,13 млн. т в год. Антропогенные составляющие ионного стока достигают в зависимости от водности года 15...19 %, при этом значительное изменение солевого состава р. Или наблюдается за счет ионов Mg²⁺, SO₄²⁻ и Cl⁻. В среднемаловодном и маловодном годах с P = 75 и 95 % антропогенная со-

ставляющая выноса ионов находится на уровне 7 %, преобладающие изменения солевого состава воды приходятся на долю ионов Cl^- .

Таким образом, значительные изменения солевого стока Или под влиянием Капчагайского водохранилища произошли в многоводном году с $P = 25$ %, где антропогенная составляющая достигает 19 %. Основные преобразования в ионном составе воды отмечаются независимо от водности года за счет ионов Mg^{2+} , SO_4^{2-} и Cl^- .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян А.Б., Кочарян А.Г. и др. Влияние водохранилищ на трансформацию химического стока рек. // Водные ресурсы, 1994, том 21, № 2. – С. 144-153.
2. Бурлибаев М.Ж., Турениязова Ж.К. О некоторых результатах изменения гидрологического и гидрохимического режимов реки Или // Экологические проблемы водных ресурсов и орошаемых земель Казахстана: Сб. Статей. – Алматы, 2000. – С. 45-54.
3. Максимова М.П. Критерии оценки антропогенных изменений и расчет антропогенной составляющей ионного стока рек. // Водные ресурсы, 1985. – № 3. – С. 71-75.
4. Морозова Г.Н. Гидрохимический режим рек Или-Балхашского бассейна // Труды ГГИ. – 1987. – Вып. 326. – С. 96-115.
5. Сороковикова Л.М. Трансформация главных ионов и минерализация воды р. Енисей в условиях зарегулированного стока // Водные ресурсы, 1993, том 20, № 3. – С. 320-325.

РГП «Казгидромет»

ІЛЕ ӨЗЕНІНДЕГІ ИОНДЫҚ АҒЫНДЫЛАРДЫҢ АНТРОПОГЕНДІК ӨЗГЕРУІН БАҒАЛАУ

Ж.Қ. Турениязова

Іле өзенінің бөген арқылы көпжылдық реттелуі барысында иондық ағындының антропогендік өзгеру көрсеткіштері мол сулылықтан аз сулылық жылдарға қарай өсе түскен. Судың тұздық құрамындағы өзгерістер негізінен Mg^{2+} , SO_4^{2-} и Cl^- иондарының есебінен айқын байқалады.

УДК 574.14

**ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК Г. АЛМАТЫ
ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

Канд. биол. наук Б.Н. Мынбаева
 П.К. Шингисова
 Г.Д. Анарбекова

Информационной базой исследования явилась научно-статистическая документация в области мониторинга поверхностных вод рек г. Алматы. Показано присутствие тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Zn) в реках г. Алматы, изучена их динамика и степень накопления с 2005 по 2008 гг. Загрязнение медью рек г. Алматы оказалось значительным: от 11 до 12 ПДК во всех 3 реках и во все анализируемые годы. Загрязнение Pb отмечено в р. Малая Алматинка (1,1 ПДК) и в р. Большая Алматинка (1,9 ПДК). Содержание остальных тяжелых металлов было ниже ПДК.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) – 85 % всех заболеваний в мире передается водой, загрязненная вода содержит 13 тыс. потенциально токсичных элементов [11]. Наибольшую опасность представляют тяжелые металлы (ТМ): свинец (Pb), ртуть (Hg), кадмий (Cd), цинк (Zn), никель (Ni), хром (Cr), находящиеся в воде, они могут провоцировать многие заболевания [2, 8]. Росту числа заболеваний, обусловленных загрязнением воды, способствует факт поступления воды низкого качества на очистные сооружения водопроводных станций. Многие реки, используемые как источники питьевой воды, содержат, по оценкам европейских ученых, не менее 10 % очищенных сточных вод [10]. Исследования в 9 городах Сибирского региона показали, что влияние загрязненной воды на заболеваемость составляет от 7,7 до 41 % [9].

Основным природным процессом формирования поверхностного стока урбанизированных территорий (как и природных) является смешение вод, участвующих в питании водоемов, бытовые, промышленные, поверхностные (ливневые и талые) и дренажные сточные воды, дымы и газы, растворяющиеся в атмосферных осадках, результаты рекреационной деятельности и т.д. [4, 5].

Основными источниками загрязнения водоемов г. Алматы является жилищно-коммунальное хозяйство и энергетика. Мониторинг состояния водных объектов городов показывает, что около 1/3 случаев не отвечает установленным нормам по санитарно-химическим и микробиологическим показателям [1, 3, 6]. Поверхностными реками г. Алматы являются реки Большая и Малая Алматинки и их притоки – Есентай, Ремизовка, Карасу, Казачка.

Целью данной статьи является изучение загрязнения 3 рек (Большая и Малая Алматинки и Есентай) г. Алматы тяжелыми металлами с 2005 по 2008 гг. Для исследования загрязнения ТМ рек г. Алматы были проанализированы данные наблюдений, предоставленные ДГП «Центр гидрометеорологического мониторинга». Пробы воды на содержание ТМ в р. Есентай отбирали в 2 местах по руслу реки, на пересечении её с пр. аль-Фараби (№ 1) и с ул. Рыскулова (№ 2). На р. Большая Алматинка были использованы данные 3 точек: № 1 – 9,1 км выше города, № 2 – 0,5 км ниже сброса АХБК, № 3 – 0,5 км ниже города. Анализ проб воды р. Малая Алматинка на содержание ТМ проводили по 3 пунктам: № 1 – 0,5 км ниже сброса Мехкомбината, № 2 – 2,0 км выше города, № 3 – 4,0 км ниже г. Алматы. В обсуждении и анализе базы данных по загрязнению ТМ рек г. Алматы мы использовали ПДК этих веществ, предназначенные для рыбохозяйственных водоемов.

Наибольшее загрязнение Cd (2 класс опасности, ПДК 0,005 мг/мл [7]) наблюдалось на р. Есентай в пункте №1 в 2006 г. По сравнению с 2005, 2007 и 2008 гг. и пунктом № 2 оно было почти в 16 раз больше. Такой пик загрязнения выглядит не убедительным, поэтому мы забраковали данные 2006 г. Данные по загрязнению реки за анализируемые годы представлены на рис. 1. Превышение ПДК не отмечено (примерно в 2,8 раза меньше значения ПДК оказалась самая большая концентрация 2006 г.); в остальные годы концентрации Cd в р. Есентай оказались минимальными.

Превышение загрязнения Pb (2 класс опасности, ПДК 0,005 мг/мл [7]) в р. Есентай не отмечено; сравнительное большое его содержание наблюдали в 2005 г. как в пункте №1, так и в пункте №2.

Анализ базы данных по р. Есентай выявил значительные концентрации Cu в воде (рис. 2 а). Максимальное содержание этого ТМ (3 класс опасности, ПДК 0,001 мг/мл [7]) было обнаружено в 2008 г. на пересечении реки с ул. Рыскулова (пункт №2), с постепенным снижением содержания (в 2007 г. стало в 1,3 раз меньше, в 1,3 раза – в 2006 г., в 5,3 раза – в 2005 г.). Показатели загрязнения воды реки на пересечении с пр. им. аль-Фараби (пункт

№1), имели другие колебания: максимальная концентрация Cu в воде отмечена в 2006 г., минимальное в 2005 г. Таким образом, превышение ПДК Cu было значительным во все анализируемые периоды: % превышения 1 ПДК и 10 ПДК составил в среднем от 66 до 100 %.

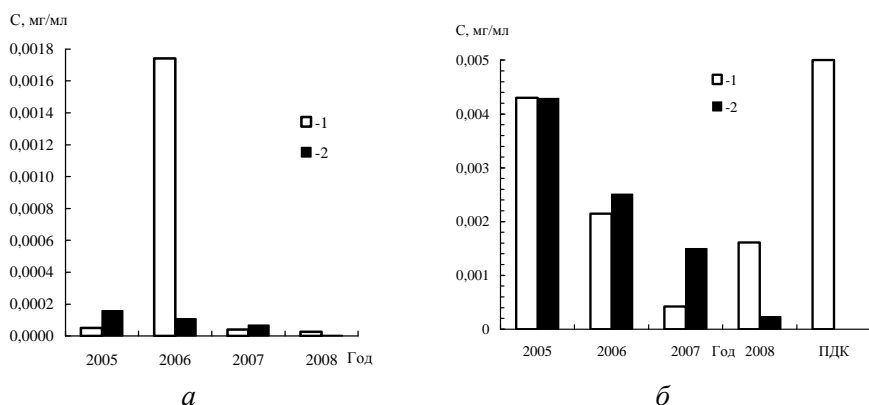


Рис. 1. Изменение концентрации Cd (а) и Pb (б) в р. Есентай. 1 – пункт отбора №1, 2 – пункт отбора №2.

Данные о загрязнении вод р. Есентай Zn показали, что максимум загрязнения наблюдался в 2005 г. как в нижнем течении реки, так в верхнем (рис. 2 б), но не превышал ПДК = 0,001 мг/мл [7]. Загрязнение воды Zn было минимальным в 2007 и 2008 гг. в обеих точках отбора проб воды.

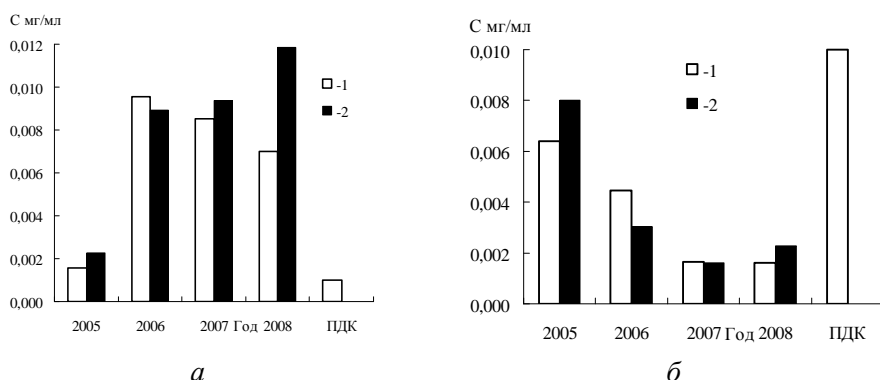


Рис. 2. Изменение концентрации Cu (а) и Zn (б) в р. Есентай. 1 – пункт отбора №1, 2 – пункт отбора №2.

Таким образом, р. Есентай при протекании по территории города имела значительное загрязнение медью. Ранжирование загрязнения ТМ выглядело следующим образом: $Cu > Zn > Pb > Cd$, причем больше в нижней части реки, в районе, где ранее мы отмечали значительное загрязнение воздуха.

Анализ проб воды р. Малой Алматинки на содержание ТМ выявил минимальное загрязнение Cd , намного ниже ПДК, равного 0,005 мг/мл [7]

(рис. 3 а). В 2006 г. отмечено небольшое загрязнение реки ниже Мехкомбината и за чертой города (4 км). Значительное уменьшение загрязнения реки произошло в 2008 г.

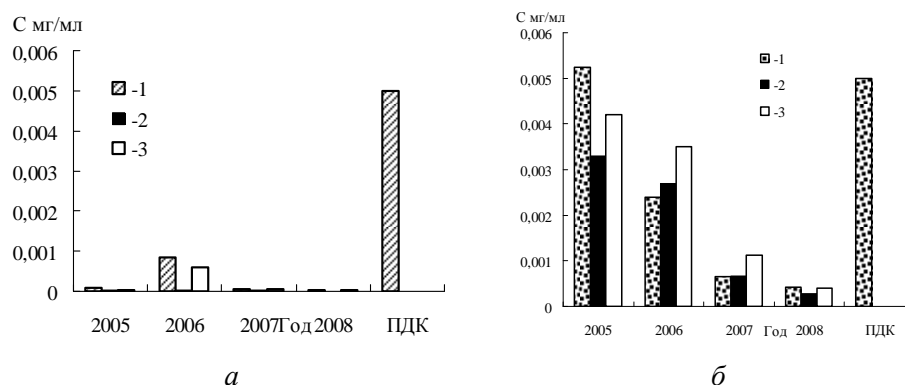


Рис. 3. Изменение концентраций Cd (а) и Pb (б) в р. Малой Алматинке. 1 – пункт отбора №1; 2 – пункт отбора №2; 3 – пункт отбора №3.

Установлено, что загрязнение Pb было значительным в 2005...2006 гг.. Максимальные концентрации во все анализируемые годы были получены в пункте отбора проб №1 №3, но превышение ПДК (0,005 мг/мл [7]) отмечено лишь в 2005 г. (рис. 3 б). В верхнем течении р. Малой Алматинки загрязнение было меньше, чем ниже по течению, т.е. при протекании вода реки накапливала Pb (за исключением 2006 г.). Возможно, сказалась неблагоприятная экологическая обстановка в нижней части г. Алматы и определенный накопительный эффект общего загрязнения ТМ этого района как в атмосфере, так и в воде.

ПДК Cu составляет 0,001 мг/мл [7]. Уровень загрязнения Cu в р. Малая Алматинка был выше ПДК на всем ее протяжении: в среднем превышение ПДК составило от 10 до 100 %; превышение 10 ПДК составило от 8 % (2005 г.) до 50 % (2006, 2007 и 2008 гг.). В отличие от других ТМ максимальные значения загрязнения воды р. Малой Алматинки отмечены в 2008 г. по 3 пунктам наблюдений, минимальные – в 2005 г. (рис. 4 а). В верхнем течении реки загрязнение так же было более низким, чем на дальнейшем ее пути (например, в 2008 г. в 1,3...1,4 раза меньше).

Концентрации Zn в воде р. Малая Алматинка не превышали ПДК (ПДК составляет 0,01 мг/мл [7]), но относительно большое его содержание отмечено в 2005 г. (рис. 4 б). Река в верхнем течении (до города) гораздо меньше загрязнена Zn, чем ниже по течению и на северной границе города (примерно в 2 раза).

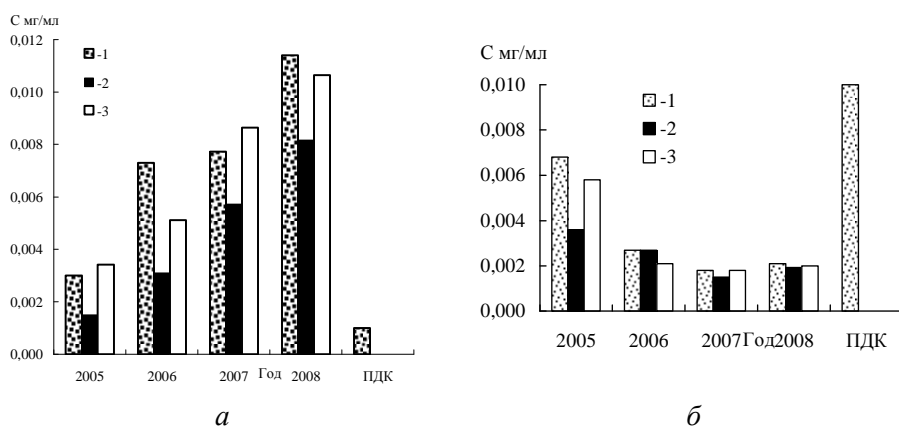


Рис. 4. Изменение концентраций Cu (а) и Zn (б) в р. Малой Алматинке. 1 – пункт отбора №1; 2 – пункт отбора №2; 3 – пункт отбора №3.

Таким образом, экологическое загрязнение р. Малой Алматинки можно отнести к среднему: превышение ПДК отмечено для Cu (больше 11 ПДК в 2008 г.) и Pb (1,1 ПДК в 2005 г.); содержание остальных металлов не превышало ПДК.

Анализ проб воды р. Большой Алматинки на содержание Cd показал не репрезентативность данных 2006 г., поэтому анализировались показатели 2005, 2007 и 2008 гг. ПДК составляет 0,005 мг/мл [7], полученные значения по загрязнению воды Cd оказались значительно ниже ПДК (рис. 5а). В 2005 г. выявлено повышенное содержание Cd относительно других лет, особенно в точке отбора №2.

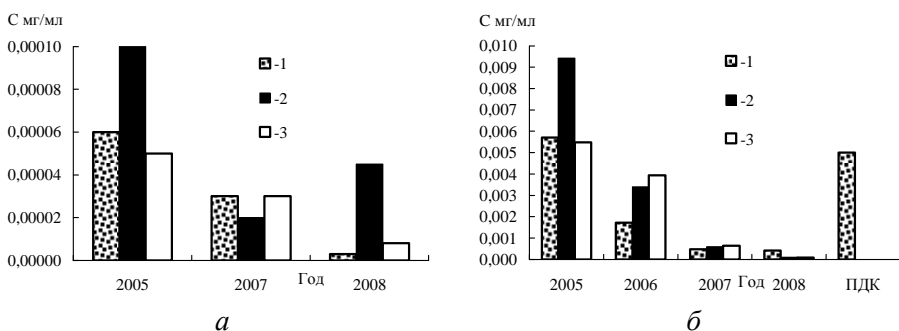


Рис. 5. Изменение концентраций Cd (а) и Pb (б) в р. Большая Алматинка. 1 – пункт отбора №1; 2 – пункт отбора №2; 3 – пункт отбора №3.

В 2005 г. на всех пунктах отбора на р. Большая Алматинка выявлены, превышающие ПДК (0,005 мг/мл) концентрации свинца, при этом превышение на пункте №2 было самым значительным: 1,9 ПДК (рис. 5 б); по другим точкам отбора проб воды превышение составило 1,1 ПДК. В

остальные годы превышения ПДК Рb не отмечено. К 2008 г. наблюдалось уменьшение концентраций этого токсичного ТМ в воде р. Большая Алма-тинка. Анализ проб воды р. Большая Алма-тинка на содержание Си показал высокое загрязнение: превышение 1 ПДК от 41 до 92 % в среднем, пре-вышение 10 ПДК от 25 % до 42 % (2006...2008 гг.), сходная ситуация с двумя другими реками, протекающими по городу.

Анализ проб воды на загрязнение Си показал устойчивое увеличе-ние его содержания с 2005 г. по 2008 г.; превышение ПДК отмечено во все анализируемые годы (ПДК составляет 0,001 мг/мл). Максимальные кон-центрации Си отмечены в 2008 г.: по сравнению с 2005 г. увеличение со-ставило 6,8, 6,5 и 4,8 раз (рис. 6а). Абсолютные значения загрязнения так-же были самые значительные по Си по сравнению с другими ТМ. Во все годы, кроме 2006 г., загрязнение в нижней части реки (за городом) было большим, чем до города и по городу.

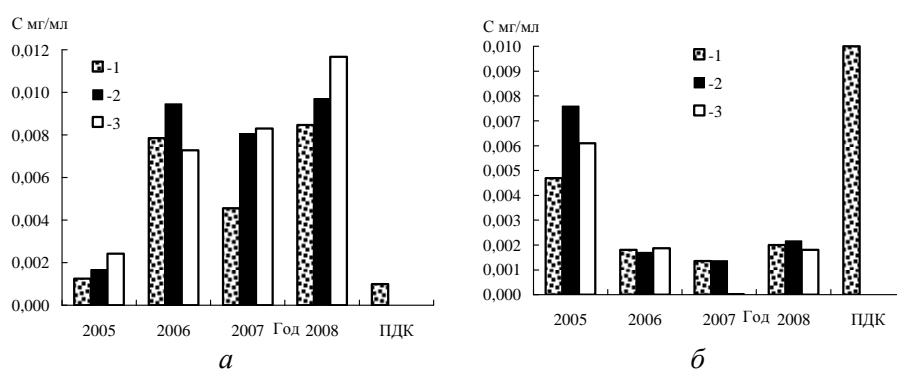


Рис. 6. Изменение концентраций Си (а) и Zn (б) в р. Большая Алма-тинка. 1 – пункт отбора №1; 2 – пункт отбора №2; 3 – пункт отбора №3.

Превышение ПДК (0,01 мг/мл) по Zn не отмечены (рис. 6б). Относительно высокие концентрации Zn наблюдались в 2005 г. с по-следующим снижением его содержания в 2007...2008 гг.

Таким образом, загрязнение рек г. Алматы ТМ считаем значи-тельным по Си (во всех 3 реках), остальные ТМ присутствовали, но их содержание находилось в пределах ПДК и не представляло опасности для водных обитателей рек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будников Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге вод-ных экосистем // Соросовский Образовательный журнал. – 1998. – №5. – С. 23-29.
2. Горелов А. Экология. – М.: Изд-во МГУ, 2009. – 400 с.

3. Дикарев В.И., Рогалев В.А., Денисов Г.А. и др. Методы и средства экологического контроля. – М.: Крисмас+, 1999. – 285 с.
4. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды / Под ред. Л.К. Исаева. – СПб.: Крисмас+, 1998. – 215 с.
5. Константинов А.С. Общая гидробиология. – М.: Высшая школа, 1999. – 280 с.
6. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. – М.: Мир, 2007. – 286 с.
7. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М. – 1990.
8. Онищенко Г.Г. Требования к питьевой воде // Экология и жизнь. – 1999. – №4. – С. 63-76.
9. Фомин Г.С. Вода. Контроль, химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. – М.: Наука. – 2000. – 848 с.
10. Environment and health. – Copenhagen.: EEA (European Environment Agency), 2005. – Report No. 10.
11. State of the world's cities. -United Nations Human Settlements Programme. - London: Earthscan Publications. – 2006, No. 7.

КазНПУ им. Абая, г. Алматы

ЦГМ г. Алматы

КазНАУ, г. Алматы

АЛМАТЫ ҚАЛАНЫҢ ӨЗЕНДЕРІНДЕГІ АУЫР МЕТАЛЛДАРЫНЫҢ ЖИНАҚТАЛУЫ

Биол. ғылымд. канд. Б.Н. Мынбаева
 П.К. Шингисова
 Г.Д. Анарбекова

Зерттеулер ақпараттық базасымен Алматы қаласының беткі су өзендері су мониторингісі облысында ғылыми статистикалық құжаттама келді. Алматы қаласының өзендерінде ауыр металдардың (Cd, Pb, Cu, Zn) қатысуы көрсетілген. олардың динамикасы және қолдану дәрежесі 2005 жылдан 2008 жылдар аралығында зерттелген. Алматы қаланың өзендерінің Cu ластануы түбегейлі көрсетті: 11...12 ШМК барлық 3 өзендердегі және барлық талданатын жылдарда. Pb ластану (1,1 ШМК) және Үлкен Алматы (1,9 ШМК) атап өтілген. Өңге АМдың мазмұны ШМКта едәуір төменде болды.

УДК 556.536.(282.256.16)

МОДИФИКАЦИЯ БИОТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА ВУДИВИССА ДЛЯ ВОДОТОКОВ БАСЕЙНА ВЕРХНЕГО ИРТЫША

Л.Б. Кушникова

Представлены результаты модификации биотического индекса Вудивисса и разработки модели эталонного створа для водотоков бассейна Верхнего Иртыша.

Река Иртыш – трансграничный водоток и качество ее вод является предметом пристального внимания соседних государств России и Китая. В сложившейся ситуации контроль состояния экосистемы водотоков бассейна Верхнего Иртыша является весьма важной задачей.

Для того чтобы оценить степень загрязнения водоема необходимо иметь достоверную систему оценки качества вод. Одной из известных методик оценки качества вод по гидробиологическим показателям является биотический индекс Вудивисса (БИ) [4]. Однако, опыт применения его в разных странах показал, что, будучи разработанным для малых рек Англии, он применим далеко не ко всем типам водоемов. Большинство исследователей считают, что для широкого использования БИ необходимы специальные работы по модификации его применительно к конкретным регионам, с учетом региональных особенностей донной фауны. Сделано много попыток модифицировать его применительно к различным водоемам.

В бентосе Восточного Казахстана доминируют оксиреофильные виды веснянок, поденок и ручейников, поэтому наиболее подходящим для оценки качества воды в наших реках по составу зообентоса является БИ Вудивисса. В Восточно-Казахстанском центре гидрометеорологии данный индекс используется с 1986 года, однако, опыт его применения показал, что в исходном варианте БИ не всегда пригоден для этих целей. Необходима его модификация с учетом региональных особенностей донной фауны.

Цель работы – модификация БИ Вудивисса и проектирование модели эталонного створа для водотоков бассейна Верхнего Иртыша.

Основные задачи:

- ревизия макрозообентоса водотоков бассейна Верхнего Иртыша и составление банка данных;

- определение индикаторных групп на базе многолетних гидробиологических и гидрохимических исследований водотоков с различной антропогенной нагрузкой (определение пространственно-временной структуры макрозообентоса);

- проведение исследований на водотоках, неподверженных антропогенной нагрузке (Западно-Алтайский государственный природный заповедник) и создание модели «Сообщества макрозообентоса эталонного створа»;

- формирование модифицированной таблицы для расчета БИ;

- приведение в соответствие шкал классности по гидрохимическим и гидробиологическим показателям.

Исследования проводились в рамках деятельности службы гидробиологического контроля качества поверхностных вод в Лаборатории поверхностных вод Восточно-Казахстанского Центра по гидрометеорологии РГП «Казгидромет».

Работа по модификации биотического индекса проводилась в два этапа. В 2000...2004 гг. была проведена ревизия фауны макробеспозвоночных водотоков бассейна Верхнего Иртыша. При обследовании водных биоценозов Восточно-Казахстанской области были охвачены водоемы Западного и Южного Алтая с различной степенью антропогенной нагрузки: Кара Оба, Становая Оба, Ак Оба, Хамир, Бухтарма, Сорвенек, Бельозек, Урунхайка, Каракаба. Зообентос данных водотоков со специфической гидрофауной практически не изучен. Но именно здесь отмечается наибольшее видовое разнообразие и именно модели этих биоценозов могут стать фоновыми. Обследовали реки Иртыш, Бухтарма, Ульба, Оба, Брекса, Тихая, Красноярка, Глубочанка. Также при составлении банка данных были использованы архивные материалы группы гидробиологии ВК ЦГМ за период 1991...1998 гг.

Детальный анализ пространственной и временной структуры сообществ макрозообентоса, учет значений таксономического обилия, частоты встречаемости, индекса Шеннона, динамики значений численности и биомассы послужили основой для формирования «Рабочей шкалы» (табл. 1). При составлении модифицированной шкалы расчета БИ варьировались следующие показатели: число гидробионтов в группе, порядок и состав приоритетных групп, значения биотического индекса.

Полученные при расчете по модифицированным таблицам значения БИ были сопоставлены со значениями ИЗВ. Наиболее сопоставимыми получились качественные характеристики на створах с более стабильной экологической обстановкой (как благоприятной так и неблагоприятной) в

водных экосистемах, где доминантными группами являются оксиреофильные или наоборот таксоны, хорошо переносящие загрязнение. Отмечена большая сходимость ИЗВ с показаниями модифицированного БИ, поскольку зависимость между антропогенным воздействием и откликом биоты носит обратно пропорциональный характер [1].

Таблица 1

Модифицированная рабочая шкала для определения БИ

Показательные организмы	Видовое разнообразие	Биотический индекс по наличию общего числа присутствующих «групп»				
		0...1	2...5	6...10	11...15	≥ 16
Личинки поденок и (или) веснянок	> 1 вида	-	7	8	9	10
	1 вид	5	6	7	8	9
Личинки ручейников	1 вид и >	4	5	6	7	8
	1 вид и >	3	4	5	6	7
Гаммарусы, клопы, жуки	1 вид и >	2	3	4	5	6
Стрекозы, двукрылые (исключая хирономид), пиявки, моллюски	1 вид и >	2	3	4	5	6
Тубифициды и (или) (красные) личинки хирономид	Все выше названные виды отсутствуют	1	2	3	-	-
Макрозообентос отсутствует	Все выше названные виды отсутствуют	0	-	-	-	-

В связи с различием таблиц для определения класса качества вод по биологическим (6 классов) и химическим (7 классов) показателям считаем необходимым привести их в соответствие. То есть оценку класса качества воды по биопоказателям проводить в рамках 7 классов.

Таблица 2

Классификатор качества вод суши по гидробиологическим показателям

Класс вод	Качество вод	Биотический индекс
I	Очень чистые	10
II	Чистые	8...9
III	Умеренно загрязненные	6...7
IV	Загрязненные	4...5
V	Грязные	2...3
VI	Очень грязные	1
VII	Чрезвычайно грязные	0

Согласно Европейской Рамочной Водной Директиве необходимо унифицировать подходы стран ЕС к управлению водными ресурсами и их охране. В связи с данной унификацией была разработана система опреде-

ления экологического качества вод путем использования эталонных створов. Цель создания эталонных створов – установить эталонные значения показателей, по отношению к которым будет определяться экологическое качество воды на створах испытывающих антропогенное влияние [3].

Экологический статус реки или речного бассейна в целом определяется по отношению к эталонным створам. Эталонные створы – одно из необходимых и ключевых понятий в системе мониторинга поверхностных вод. Эталонный створ – участок реки, находящийся под минимальным антропогенным воздействием, гидроморфологические, биологические, физическо-химические характеристики которого максимально приближены к исходному (естественному) состоянию [3].

Существуют два типа эталонных створов: специфические и региональные. Первый тип состоит из створов расположенных вверх по течению от источника загрязнения. Второй тип – это створы, находящиеся в относительно гомогенном регионе со сходными типами местообитаний. Первый тип эталонных створов может быть использован только для ограниченных целей. В то же время этот тип имеет ряд преимуществ по сравнению с региональным. Эти преимущества заключаются в следующем:

- при тщательном выборе различия в местообитаниях сводятся к минимуму;
- загрязнения, которые могут присутствовать на таких створах, всегда учтены.

Подход, основанный на измерениях «вверх-вниз» по течению от источника загрязнений, позволяет определять влияние специфических загрязнителей и увеличивает точность измерений.

Если же необходимо определить экологический статус реки или речного бассейна, используется региональный тип эталонных створов [3].

Перечень специфических эталонных створов был разработан в 70-х годах прошлого столетия и внедрен для мониторинга качества поверхностных вод.

Для разработки региональных эталонных створов были выбраны водотоки Западно-Алтайского государственного природного заповедника – Кара Оба и Ак Оба. Исследования проводились в период открытой воды 2004...2007 гг. Обследованные водотоки горного типа с каменистыми грунтами, высокими скоростями течения и невысокими температурами воды. По гидрохимическим показателям вышеназванные водотоки относятся к гидрокарбонатному классу, вода мягкая. По всем остальным гидрохимическим показателям отклонений от нормы нет [2]. Усредненные гидрологические и гидрохимические данные приведены в табл. 3.

Донные сообщества макробеспозвоночных богаты и разнообразны. В составе биоценоза личинки веснянок, поденок, ручейников, двукрылых, жуки, малощетинковые черви, пиявки.

Разнообразие экологических условий в водоеме обуславливает большое количество видов, входящих в доминирующий комплекс беспозвоночных на различных участках. Комплекс видов-доминантов р. Кара Оба включает следующие виды: веснянки (*Haploperla lepnevae*, *Isoperla mongolica*), поденки (Сем. *Ephemerellidae*, Сем. *Heptagenidae*), ручейники (*Brachicentris subnubilus*, *Dicosmoecus palatus*).

Таблица 3

Гидрологические и гидрохимические данные на участках исследования рек Кара Оба и Ак Оба

Показатель	Река	
	Ак Оба	Кара Оба
Характер грунтов	каменистый	каменистый
Температура воды, °С	11,6	11,9
Скорость течения, м/с	1,7	0,8
Глубина, см	40	30
рН	6,8	6,4
Прозрачность	26	26
Цветность	16	26
Запах	0	0
Взвешенные вещества, мг/дм ³	14,8	12,3
Кислород, мг/дм ³	10,0	9,84
Углекислый газ, мг/дм ³	3,08	3,52
БПК ₅ , мг/дм ³	1,87	1,59
% насыщения кислородом	77...87	88...95
Жесткость, мг-экв./л	0,43	0,29
Ca ²⁺ , мг/дм ³	5,9	3,9
Mg ²⁺ , мг/дм ³	1,7	1,2
Нитраты, мг/дм ³	0	0
Цинк, мкг/дм ³	9,8	0
Марганец, мкг/дм ³	11	20
Медь, мкг/дм ³	2,3	1,4

В биоценозах р. Ак Оба доминируют такие виды как *Pteronarcys reticulata*, *Ephemerella triacantha*, *Epeorus pellucidus*, *Dicosmoecus palates*, *Brachicentris subnubilus*.

Большим видовым разнообразием и количественным развитием отличаются личинки поденок – 13 видов. Наиболее многочисленны поденки сем. *Ephemerellidae*. Большинство видов поденок, обитающих в реках Ак Оба и Кара Оба, олигосапробны и живут в чистой воде.

Веснянки являются более требовательными, чем поденки, по отношению к химическому составу поверхностных вод. Это типичные оксифилы и литобионты. Наибольшее количество таксонов веснянок было найдено в биоценозах реки Кара Оба – 8.

Основу донных сообществ беспозвоночных составляют индикаторы чистых вод (оксифильные виды). Наиболее разнообразны представители отряда поденок рода *Ephemerella*. Значения биотического индекса равны 10, что соответствует I классу качества вод – очень чистые. Значения численности изменяются в интервале 0,7...2,1 тыс. экз/м², биомасса от 1,2 до 8,6 г/м². Значения индекса Шеннона-Уивера варьируют незначительно от 1,2 до 1,4. Таким образом, при оценке гидрохимических и гидробиологических характеристик водотоков Западно-Алтайского заповедника их качество определяется как очень чистое, т.е. соответствует понятию «эталонных водотоков».

В результате анализа 72 проб нам удалось смоделировать таксономический состав эталонного створа. Он содержит более 16 таксонов, включая не менее 3 видов личинок веснянок, не менее 5 видов личинок поденок, не менее 3 видов личинок ручейников. В состав макрозообентоса эталонного створа должны входить второстепенные таксоны – личинки двукрылых, пиявки, моллюски, ракообразные, личинки клопов и жуки, олигохеты. Количество и состав второстепенных таксонов может варьировать.

Модель сообщества макрозообентоса эталонного створа предназначена для метрологического обеспечения измерений при оценке качества поверхностных вод по показателям макрозообентоса и контроле погрешности результатов измерений.

На основе проведенных исследований была разработана методика «Воды поверхностные. Оценка качества по показателям макрозообентоса». Данная методика 10 июля 2008 года внесена в реестр Республики Казахстан. Подана заявка на инновационный патент «Способ оценки качества поверхностных вод по показателям макрозообентоса», получена приоритетная справка (регистрационный № 2008/1243.1).

Объективность оценки качества поверхностных вод по модифицированному БИ обеспечивается, во-первых, за счет учета региональной гидрофауны и выбора из таксономического состава групп индикаторов различной степени загрязнения. Во-вторых, расширением шкалы классности по гидробиологическим показателям до уровня шкалы классности по гидрохимическим показателям, что позволит увеличить процент сходимости

сти результатов и прогнозировать специфику химического загрязнения по гидробиологическим показателям.

Данный способ оценки качества вод впервые в Казахстане использует понятия «эталонного створа», что позволяет внедрить в практику гидробиологических исследований качества поверхностных вод мировые стандарты (Европейская Рамочная Водная Директива, 2000 г.) и повысить точность анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) //Биол. внутр. вод. – 2000. № 1. – С. 68-82.
2. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Книга 1. Бассейны рек Иртыш, Ишим, Тобол (верхнее течение). Алматы, 2004. – С. 4-17.
3. Принципы и системы биоиндикации текущих вод / В.П. Семенченко Мн.: Орех, 2004. – 125 с.
4. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. – СПб: Гидрометеоздат, 1992. – 318 с.

Восточно-Казахстанский центр гидрометеорологии, г. Усть-Каменогорск

ЖОҒАРҒЫ ЕРТІС АЛАБЫ АҒЫН СУЛАРЫ ҮШІН ВУДИВИССТІҢ БИОТИКАЛЫҚ ИНДЕКСІН ТҮРЛЕНДІРУ

Л.Б. Кушникова

Вудивисстің биотикалық индексін түрлендірудің нәтижелері және Жоғарғы Ертіс алабы ағын сулары үшін үлгі тұстаманың жасалған моделі ұсынылып отыр.

УДК 91:504; 312.504

**ОЦЕНКА ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ
ЗЕМЕЛЬ ПРИГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ КОСТАНАЙСКОЙ
ОБЛАСТИ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

Канд. геогр. наук И.Б. Скоринцева

Проведена ландшафтно-экологическая оценка земель сельскохозяйственного назначения на приграничной территории Костанайской области. На исследуемой территории выделено пять экологически опасных зон, с учетом степени сельскохозяйственного воздействия на природно-территориальные комплексы.

Земельные ресурсы Республики Казахстан по действующему законодательству отнесены к национальному достоянию, используемому и охраняемому в интересах населения страны. Использование и охрана земельных ресурсов Республики Казахстан и ее отдельных регионов в настоящее время приобретает большую производственную значимость. Земля играет главную роль в жизнеобеспечении общества и каждого человека в отдельности. Она многофункциональна, невозпроизводима как территория, а в сельскохозяйственном производстве, при рациональном её использовании, способствует повышению продуктивности. Проводимая новая земельная реформа в Республике внесла существенные изменения в структуру землеустройства и землепользования сельскохозяйственного производства. В последние годы существенно обострилась проблема рационального землепользования и землеустройства крестьянских и фермерских хозяйств. Несмотря на принятые законодательные акты: «Земельный кодекс Республики Казахстан» (2003 г.), «Земельная реформа Республики Казахстан», «О фермерских и крестьянских хозяйствах Республики Казахстан» и др., эффективность использования сельскохозяйственных угодий постоянно снижается. Сокращение земельно-ресурсной базы сельского хозяйства выражается в уменьшении площади обрабатываемых земель. Так, за период реформирования сельскохозяйственных предприятий площадь пашни в республике сократилась более чем на 12 млн. га.

В сельскохозяйственном производстве приграничной территории Костанайской области за последние годы произошли большие изменения. Они связаны с переходом к рыночным отношениям и охватывают все ас-

пекты ведения сельского хозяйства (экономические, организационные, социальные). Реформирование аграрно-промышленного комплекса (АПК) обеспечило самостоятельность сельскохозяйственных предприятий, создало возможность для формирования многоукладной аграрной экономики. Однако аграрные реформы, начатые в 90-е годы, привели к затяжному кризису, охватившему практически все отрасли сельскохозяйственного производства в природно-хозяйственной системе. Кризисное состояние проявляется, прежде всего, в спаде сельскохозяйственного производства, ухудшении экологического состояния сельскохозяйственных угодий, ухудшении экономического положения сельскохозяйственных предприятий и понижении жизненного уровня сельского населения. В сложившейся обстановке необходима оценка степени воздействия сельскохозяйственного производства на природно-территориальные комплексы новыми сельскохозяйственными формированиями для получения полной информации об эффективности использования агроландшафтов.

Приграничная территория Костанайской области, площадью 64,1 тыс. км², казахстанско-российского сектора включает восемь административных районов и три территории г. а. Костанай, Рудный, Лисаковск. Исследуемая территория расположена в зоне сухостепных и степных ландшафтов, среди которых преобладают сухостепные ландшафты относительно приподнятых равнин. Здесь, на протяжении последних десятилетий, наблюдается усиление процессов опустынивания природных экосистем, приводящее к снижению продуктивности и деградации сельскохозяйственных угодий (табл. 1).

Таблица 1

Доля участия деградированных земель по отношению к площади земель сельскохозяйственного использования и площади области, %

Деградированные земли	Доля от площади земель сельскохозяйственного использования, %
деградированные земли	8,4
засоленные земли	6,3
ветровая эрозия	1,7
водная эрозия	0,4

С появлением новых государственных границ (1991 г.) все трансграничное пространство, и в частности приграничная территория Костанайской области постепенно трансформировалась в своеобразную буферную зону, где изменились формы и интенсивность природопользования. Здесь отмечается уменьшение степени сельскохозяйственного воздействия на сухостепные и

степные ландшафты, но при этом наблюдается выход сельскохозяйственных земель из оборота, нашествие вредителей сельскохозяйственных культур из сопредельных приграничных районов Российской Федерации и другие негативные явления, вызванные сокращением хозяйственной деятельности на периферии казахстанско-российского пограничного сектора.

Исследование показало, что для рационального ведения сельскохозяйственного производства на данной приграничной территории необходимо установить предельно допустимые экологические параметры структуры землепользования в пределах административных границ, способствующие повышению стабильности и продуктивности агроландшафтов и устойчивости природных систем в целом (табл. 2).

Таблица 2

Экологические параметры сбалансированной территориальной организации сельскохозяйственного производства в приграничных районах

Показатель	Предельно допустимые экологические параметры	Оптимальные экологические параметры
Доля природных (естественных) ландшафтов в общей площади территории	не менее 60 %	30 % природных ландшафтов; 70 % преобразованных
Доля пашни от площади территории	не более 50 %	40...45 %
Доля кормовых угодий от площади сельхозугодий	не менее 50 %	50...70 %
Доля полезащитных лесополос от площади пашни	не менее 4...5 %	7...10 %
Доля орошаемых земель от площади сельхозугодий	до 10 %	10...15 %

Установлено, что приграничная территория Костанайской области имеет высокую степень сельскохозяйственной освоенности под зерновое производство и пастбищное животноводство. В структуре землепользования преобладает пашня, которая занимает около 50...70 % всех сельскохозяйственных угодий. Велика пастбищная нагрузка скота на пастбищные угодья, в среднем она составляет 50...80 голов на 100 га сельскохозяйственных угодий. Сравнительный анализ современной структуры сельскохозяйственных угодий (табл. 3) позволил оценить степень сельскохозяйственной сбалансированности исследуемой приграничной территории.

Таблица 3

Современная структура сельскохозяйственных угодий на приграничной территории Костанайской области, % [1, 2]

Административная единица	Доля угодий в общей площади земель	от общей площади угодий		
		пашня	сенокосы	пастбища
Камыстинский	93,9	39	0,8	60,2
Житикаринский	93,8	48,3	2,3	49,4
Денисовский	81,2	67	2,6	30,4
Тарановский	87,7	52,8	0,6	46,6
Карабалыкский	99,8	58,3	5,4	36,3
Федоровский	91,8	63,3	1,7	35
Мендыкаринский	88,8	56,4	1,2	42,4
Узункольский	78,9	66	0,6	33,4
г.а. Кустаная	82,4	42,8	1,2	56
г.а. Рудного	89,4	51,3	0,9	47,8
г.а. Лисаковска	88,6	49,7	1,8	48,5

Оценка показала, что основными сельскохозяйственными угодьями в шести приграничных административных районах Костанайской области является пашня (Денисовский, Тарановский, Карабалыкский, Федоровский, Мендыкаринский, Узункольский районы) и в двух районах – пастбища (Житикаринский, Камыстинский районы). Превышение норм выпаса скота на пастбищах наблюдается в сельских округах (с/о) Тарановского (Калининский с/о, Асенкритовский с/о, Новоильинский с/о) Камыстинского (Свердловский с/о, Алтынсаринский, Богдановский с/о), Узункольского (с. Узунколь, Киевский с/о) районов. Следует отметить, что удельный вес пашни от общей площади сельскохозяйственных угодий в приграничных административных районах Костанайской области составляет от 39 % до 67 %.

Для количественной оценки экологической опасности ландшафтов при сельскохозяйственном воздействии на приграничной территории Костанайской области нами применен метод индексации и группировки выделенных групп [3]. Сущность данного метода заключается в том, что весь интервал изменения каждого из признаков (удельный вес земель с уклоном более 2°, распаханность территории, наличие животноводческих комплексов, нагрузка поголовья скота на пастбища и др.), влияющих на экологическое состояние ландшафтов при сельскохозяйственном воздействии, подразделяется на определенное число групп и соответствующему значению в группе присваивается индекс (вес фактора) от 0,1 до 1.

Результаты оценки экологической опасности сельскохозяйственно-го воздействия на ландшафты на исследуемой территории показали, что площади природно-территориальных комплексов (ПТК), подвержены в разной степени экологическим нарушениям и выделяется пять экологически опасных зон (рис. 1).

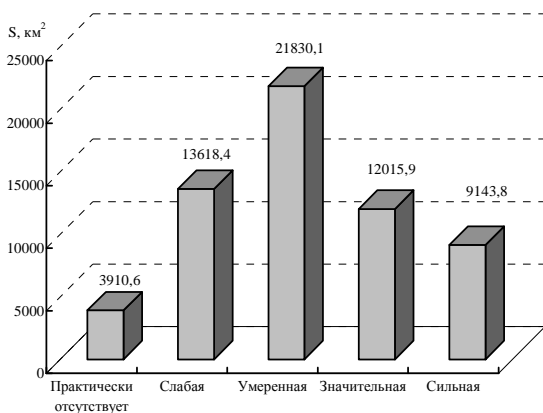


Рис. 1. Площади экологически опасных зон в ландшафтах при сельскохозяйственном воздействии, км²

На основе полученных данных нами составлена карта экологической опасности ландшафтов при сельскохозяйственном воздействии в приграничной Костанайской области, масштаб 1:1 000 000 (рис. 2).

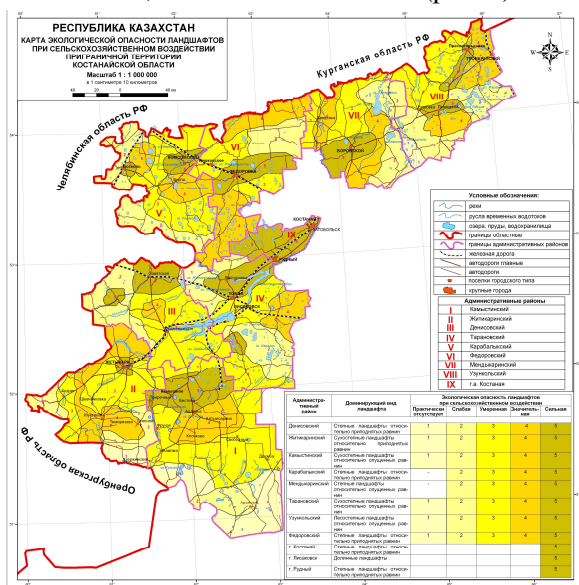


Рис. 2. Карта экологической опасности ландшафтов при сельскохозяйственном воздействии приграничной территории Костанайской области

Сильной степени экологической опасности при сельскохозяйственном воздействии подвержены лесостепные, степные и сухостепные ПТК на площади 9143,8 км² (15 % территории приграничной области) (рис. 3). Ландшафты с сильной степенью экологической опасности имеют место во всех приграничных административных районах области и г.а. Костаная, Лисаковска, Рудного. Сильная степень экологической опасности ландшафтов при сельскохозяйственном воздействии обусловлена следующими факторами: высоким удельным весом сельскохозяйственной освоенности (распаханность территории); высоким уровнем пастбищной нагрузки фермерских хозяйств на агроландшафты; перевыпасом скота хозяйствами населения в радиусе 5...15 км от населенных пунктов; наличием скотоводческих ферм, птицефабрик, складских помещений для хранения минеральных удобрений.

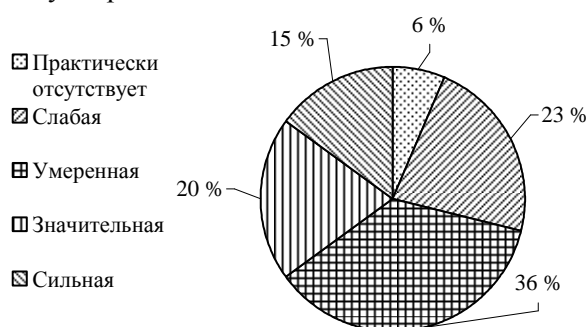


Рис. 3. Доля степени экологической опасности ландшафтов при сельскохозяйственном воздействии (от общей площади приграничной территории Костанайской области), %

Лесостепные, степные и сухостепные ПТК *значительной степени экологической опасности* при сельскохозяйственном воздействии на территории приграничной области занимают 12015,9 км² (20 %), наблюдаются во всех административных районах приграничной области.

Умеренная степень экологической опасности при сельскохозяйственном воздействии наблюдается в лесостепных, степных, сухостепных ПТК на площади 21830,1 км² (36 %). Данная степень экологической опасности доминирует во всех административных районах приграничной области.

Слабой степени экологической опасности при сельскохозяйственном воздействии подвержены степные и сухостепные ПТК на площади 13618,4 км² (23 %). Имеет место во всех административных районах.

Практически отсутствует экологическая опасность при сельскохозяйственном воздействии в лесостепных, сухостепных и степных ПТК

на площади 3910,6 км² (6 %) в пяти приграничных районах области (Денисовский, Житикаринский, Камыстинский, Тарановский, Узункольский).

Следует отметить, что выявление экологически опасных ландшафтов при сельскохозяйственном воздействии в трансграничных зонах Казахстана представляет собой комплексную систему оценок, выявляющих качественные и количественные показатели природных и антропогенных факторов, взаимосвязанных между собой и окружающей природной средой, образующих свойства, по которым определяется экологическая опасность ландшафтов и разрабатываются рекомендации по улучшению сложившейся ситуации. Использование данных показателей позволяет контролировать и, при необходимости, корректировать структуру землепользований любого трансграничного административного района.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Регионы Казахстана. Агентство Республики Казахстан по статистике, Астана, 2009. – 458 с.
2. Региональный статистический сборник по Костанайской области. Агентство Республики Казахстан по статистике, Костанай, 2009. – 352 с.
3. Скоринцева И.Б. Теоретические и методологические подходы к оценке экологической опасности использования земель / Материалы Международной научно-практической конференции «Воспроизводство лесов, лесоразведение», Щучинск, 2006. – С. 23-28.

Институт географии, г. Алматы

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНЫҢ ӘСЕРІ ЖАҒДАЙЫНДА ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНЫҢ ШЕКАРАЛЫҚ АУМАҒЫНДАҒЫ ЖЕРЛЕРДІҢ ЛАНДШАФТЫЛЫҚ-ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН БАҒАЛАУ

Геогр. ғылымд. канд. И.Б. Скоринцева

Қостанай облысының шекаралық аумағындағы ауылшаруашылық жерлерді ландшафтылық – экологиялық бағалау жүргізілді. Зерттеген аумақта табиғи – аумақтық кешендерге ауыл-шаруашылық әсерлердің дәрежелерін ескере отырып, бес экологиялық қауіпті зоналар бөлінді.

УДК 551.46

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
РУДНО-АЛТАЙСКОЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ПРИРОДНО-
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ И ЕГО ВЛИЯНИЕ
НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ**

М.А. Каратаев

Рассмотрено экологическое состояние воздушного бассейна Рудно-Алтайской территориальной природно-хозяйственной системы (ТПХС), негативное влияние загрязненности на медико-демографические показатели. Установлена корреляционная связь между уровнем заболеваемости злокачественными новообразованиями и количеством выбросов от стационарных источников Рудно-Алтайской ТПХС. Для выявления количественной зависимости между изменением величины выбросов и заболеваемостью злокачественными новообразованиями был проведен регрессионный анализ и построена регрессионная модель.

Состояние здоровья населения находится в непосредственной зависимости от социально-экономических условий, санитарно-эпидемиологической обстановки, профилактической работы органов здравоохранения и экологического состояния исследуемой территории. Одним из основных факторов, влияющих на повышенную заболеваемость населения, уровень физического развития, репродуктивные возможности, и продолжительность жизни является высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха [3, 7].

Между здоровьем населения и качеством атмосферного воздуха наблюдается тесная связь. В результате выбросов вредных веществ, в приземной атмосфере создаются концентрации, поражающие в первую очередь верхние дыхательные пути, а так же другие органы человека. Вдыхаемый загрязненный воздух через трахею и бронхи попадает в альвеолы легких, откуда примеси поступают в кровь и лимфу. Последствия для человека крайне неблагоприятны [9, 11].

Установлена связь между заболеваемостью органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, аллергическими заболеваниями и загрязнением атмосферного воздуха взвешенными веществами, диоксидом азота, ди-

оксидом серы, окисью углерода, фенолом, фтористым водородом, свинцом и др. [7, 9, 10].

Рудно-Алтайская территориальная природно-хозяйственная система – исторически сложившаяся устойчивая совокупность антропогенного, природного и хозяйственного комплексов, характеризующаяся способностью функционировать в окружающей среде и выполнять определенные природные, хозяйственные и геоэкологические функции.

ТПХС состоит из природно-ресурсного (сырье, нарушенные геосистемы, человек), производственно-технологического (архитектурно-строительные, промышленные объекты, транспорт, энергетика, технологии, продукт) и пространственного (геополитическое и экономико-географическое положение, природоохранные стратегии, концепции, законы, пространственно-территориальное размещение) блоков [5].

Рудно-Алтайская территориальная природно-хозяйственная система, известная также как Западно-Алтайская горная (урбопромышленно-горнодобывающая) область, включает 6 крупных промышленных узлов: Усть-Каменогрский, Риддерский, Зыряновский, Шемонаихинский, Глубоковский и р. Иртыш (в пределах Рудного Алтая). Исследуемый регион расположен на правом берегу р. Иртыш в междуречье рек Оби и Чарына. В административном отношении территория принадлежит Восточно-Казахстанской области [5, 8].

Усть-Каменогрский урбопромышленный район включает г. Усть-Каменогрск с пригородами и мощным комплексом промышленных предприятий, оказывающих крайне негативное воздействие на состояние окружающей среды: титано-магниевого комбината, Ульбинский металлургический завод, химико-металлургический и цементный заводы, ТЭЦ, свинцово-цинковый комбинат. Уровень экологической напряженности критический, усугубляется устойчивыми приземными инверсиями [2, 5, 8].

Риддерский урбопромышленный узел охватывает г. Риддер и горнодобывающие предприятия цветной металлургии. Уровень экологической напряженности – критический. Факторы экологической дестабилизации: Риддерский полиметаллический комбинат и в его составе свинцово-цинковый завод, рудники, карьеры, отвалы пустой породы. Чрезвычайно высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха. Межгорная впадина определяет неблагоприятные климатические условия для рассеивания веществ в атмосферном воздухе [2, 5].

Зыряновский урбопромышленный узел включает г. Зыряновск, горнодобывающие предприятия цветной металлургии. Наибольшее негативное воздействие оказывает свинцовый комбинат. Уровень экологической напряженности – критический. Основные загрязнители природных компонентов: рудники и глубокие карьеры открытой разработки рудных залежей.

Глубоковский горнопромышленный узел включает Иртышский полиметаллический комбинат (на резервации), примыкающие горнодобывающие предприятия, Восточно-Казахстанский медно-химический комбинат. Уровень экологической напряженности – критический [2, 5].

Шемонаихинский промышленный узел объединяет горнодобывающие предприятия, связанные с добычей и переработкой медных и цинковых руд. Высокая степень нарушения рельефа и недр, загрязнение окружающей среды промышленными отвалами. Уровень экологической напряженности критический [5].

Р. Иртыш в пределах Рудного Алтая сильно загрязнена промышленно-бытовыми стоками стоящих на ней городов, выносимыми реками Бухтармой, Ульбой, Краснояркою.

Рудно-Алтайская территориальная природно-хозяйственная система характеризуется дестабилизированной геоэкологической ситуацией, и остается регионом со статусом нерешенных экологических проблем [8].

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха проводятся на стационарных постах в 3 населенных пунктах региона: городах Риддер, Усть-Каменогорск и пос. Глубокое.

Основными загрязнителями атмосферного воздуха являются предприятия цветной металлургии и горнодобывающей промышленности, их удельный вес в общем объеме выбросов загрязняющих веществ составляет 69 %, предприятия распределения электроэнергии, газа и воды – 22,4 %, транспорт и связь – 6,4 %, прочие – 2,2 % [6, 4].

Из общего объема выброшенных загрязняющих веществ (> 160 тыс. т) 81 % составили газообразные и жидкие вещества, 19 % – твердые. В составе 130 тыс. т газообразных и жидких выбросов 54,8 % приходится на диоксид серы, 20,4 % – на оксид углерода, 14,5 % – на диоксид азота, 10,3 % – на углеводороды (без летучих органических соединений). Наибольший вклад в загрязнение атмосферы Рудно-Алтайской ТПХС вносит г. Усть-Каменогорск (47 %), г. Риддер (17 %) и пос. Глубокое (16 %) [1, 6, 8].

г. Усть-Каменогорск – областной центр характеризуется наличием большого числа техногенных загрязнителей, среди которых можно выделить промышленные предприятия, транспорт, автозаправочные станции, предприятия пищевой отрасли, частный жилой сектор. Особенности города являются физико-географические условия его расположения, не способствующие рассеиванию веществ, а также большое количество промышленных производств, находящихся в черте города [1, 4, 8].

г. Риддер относится к числу наиболее загрязненных городов Казахстана. В 2007 г. выбросы составили 10,8 тыс. т (табл. 1). Физико-географическое положение и климат города способствуют тому, что загрязняющие примеси от свинцового завода поступают в город при северо-восточных ветрах, от предприятий цинкового завода и ТЭЦ при северо-западных, западных направлениях ветра. При застойных явлениях все загрязняющие примеси остаются в городе, т.к. город расположен в котловине [1, 4, 8].

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения по городам, тыс. т в год, (данные РГП «Казгидромет»)

Город	Год				
	2004	2005	2006	2007	2008
Усть-Каменогорск	96,3	71,1	72,8	70,6	65,2
Риддер	11,3	11,2	11,1	10,8	10,6
Глубокое	3,7	3,9	3,9	4,3	4,2
Зыряновск	13,4	12,2	14,6	17,4	14,5
Шемонаиха	4,4	4,4	4,1	5,1	5,2
По региону	129,1	102,8	106,5	108,2	99,7

Уровень загрязнения атмосферного воздуха пос. Глубокое остается достаточно высоким. Загрязнение атмосферного воздуха органическими примесями, а также диоксидами серы и азота обусловлено характером рассеивания вредных примесей от главного промузла г. Усть-Каменогорска по долине р. Иртыш в направлении преобладающих ветров, а также вертикальному и горизонтальному переносам воздушных масс на большие расстояния (несколько сотен км) [1, 6, 4, 8].

По объемам выбросов загрязняющих веществ Рудно-Алтайская ТПХС занимает 4-е место – 162,7 тыс. т в год, уступая Карагандинской (1415,4 тыс. т), Павлодарской (556,8 тыс. т) и Актюбинской (168,2 тыс. т) областям.

Таблица 2

Выбросы твердых загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения по городам, тыс. т в год, (данные РГП «Казгидромет»)

Город	2004	2005	2006	2007	2008
Усть-Каменогорск	7,3	6,6	7,2	5,7	4,7
Риддер	2,0	2,1	1,9	2,0	2,3
Глубокое	1,7	1,9	1,5	1,7	1,7
Зыряновск	6,9	6,6	7,8	8,9	6,9
Шемонаиха	1,8	1,9	1,7	2,5	2,6
По региону	19,7	19,1	20,1	20,8	18,2

Таблица 3

Выбросы газообразных и жидких загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения по городам, тыс. т в год, (данные РГП «Казгидромет»)

Город	2004	2005	2006	2007	2008
Усть-Каменогорск	89,0	64,5	65,6	64,9	60,5
Риддер	9,3	9,1	9,2	8,8	8,3
Глубокое	2,1	2,0	2,3	2,6	2,4
Зыряновск	6,5	5,6	6,8	8,5	7,7
Шемонаиха	2,6	2,5	2,4	2,7	2,6
По региону	109,5	83,7	86,3	87,5	81,5

Значительным источником загрязнения воздушного бассейна Рудно-Алтайской ТПХС является автотранспорт. В силу конструктивного несовершенства и недостатков в эксплуатации, транспорт выбрасывает в атмосферный воздух более 200 химических соединений. Из всего количества автотранспорта 62 % используют бензин, 36 % – дизтопливо и всего 0,2 % – наиболее экологически безопасное газовое топливо. При работе двигателей, использующих бензин, выбрасываются свинец, хлор, бром, при работе дизельных двигателей – значительное количество сажи. И практически все виды транспорта относятся к источникам массивированного поступления в атмосферу канцерогенных углеводородов, вызывающих развитие раковых заболеваний [3, 10]. За период 1995...2007 гг. значительно возросли выбросы от автотранспорта: на 56 тыс. т в год или на 41,7 %. Данный факт объясняется увеличением количества автотранспортных средств [1, 4].

В связи с тем, что отработывающие газы автомобилей поступают в нижний слой атмосферы, а процесс их рассеяния значительно отличается от процесса рассеяния высоких стационарных источников, вредные веще-

ства находятся практически в зоне дыхания человека. Поэтому автомобильный транспорт следует отнести к категории наиболее опасных источников загрязнения атмосферы [1, 10].

Перечень загрязняющих веществ подлежащих контролю, установлен с учетом объема и состава выбросов в атмосферу, а также результатов предварительного обследования загрязнения воздушного бассейна в конкретном населенном пункте.

Основными критериями качества являются значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе населенных мест. Уровень загрязнения атмосферы оценивается по величине комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА₅), который рассчитывается по пяти веществам с наибольшими нормированными на ПДК значениями с учетом их класса опасности. Индекс загрязнения атмосферы рассчитывается как сумма средних за период концентраций веществ, деленных на ПДК_{с.с.}, приведенных к единому показателю [4, 6]:

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{cp.i}}{\text{ПДК}_{с.с.i}} \right)^{C_i}, \quad (1)$$

где $q_{cp.i}$ – средняя за месяц, сезон или год концентрация i -го вещества, $\text{ПДК}_{с.с.i}$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация i -го вещества, C_i – показатель степени, зависящий от класса опасности вещества.

Уровень загрязнения считается низким при ИЗА менее 5, повышенным – от 5 до 6, высоким от 7 до 13 и очень высоким – ≥ 14 .

Анализ полученных данных на пунктах наблюдения за загрязнением и расчет ИЗА на каждом из пунктов позволил рассчитать общий ИЗА с 2004 по 2008 г. и определить уровень загрязнения: низкий в пос. Глубокое и высокий в г. Усть-Каменогорске и г. Риддере (табл. 4).

Содержание загрязняющих веществ в 2008 г. в атмосфере городов Рудно-Алтайской ТПХС остается высоким. Средние и максимальные значения содержания вредных примесей в воздушном бассейне городов изменялись в больших пределах, в зависимости от величины выбросов промышленных предприятий, а также расположения городов в различных физико-географических районах, эколого-климатического потенциала загрязнения атмосферы. Для рассматриваемого региона характерно загрязнение атмосферного воздуха как основными, так и специфическими загрязняющими веществами [1, 4, 6].

Динамика изменения уровня загрязнения атмосферы в промышленных центрах Рудно-Алтайской ТПХС (данные РГП «Казгидромет»)

Город	ИЗА ₅				
	2004	2005	2006	2007	2008
Усть-Каменогорск	6,5	6,3	6,5	7,2	7,8
Риддер	8,3	7,9	7,6	7,4	6,9
Глубокое	4,7	4,0	4,6	3,0	3,1

Существенная доля загрязнения окружающей среды связана с пылеобразованием. В атмосферу токсиканты поступают с твердыми техногенными отходами и породой от горнопроходческих работ, хвостов, обогащения, отвалов горного и металлургического производств. Расчеты показывают, что выделение пыли от разложения отходов, которые содержат практически все токсичные компоненты горно-металлургических производств Рудно-Алтайской ТПХС в год составляет 113 тыс.т. За весь период горнопромышленного производства в регионе вынос пыли превысил 10 млн. т, т.е. 1 % от всего объема отходов. Таким образом, учитывая количество добытой руды, полученных из нее концентратов и их металлургического передела, выбросы в атмосферу, только за последние 50 лет, составили 8...10 млн. т [1, 4, 6, 8].

Средняя концентрация взвешенных веществ (пыли) по городам Рудно-Алтайской ТПХС составила 1,2 ПДК. Средняя концентрация взвешенных веществ в городах Риддер, Усть-Каменогорск – составила 1,0...1,8 ПДК. В г. Усть-Каменогорске максимальная из разовых концентраций взвешенных веществ достигала 4,0...4,8 ПДК, в пос. Глубокое – превышала 1 ПДК [1, 4, 6, 8].

Средняя концентрация диоксида серы в г. Риддере и г. Усть-Каменогорске – 1,0...1,8 ПДК. В г. Усть-Каменогорске отмечена максимальная из разовых концентраций диоксида серы равная 3,1 ПДК.

Максимальные из разовых концентраций оксида углерода в г. Усть-Каменогорск превышали 1,0...2,4 ПДК [1].

Средняя концентрация диоксида азота составила 1,1 ПДК. Средняя концентрация диоксида азота в городах Риддер, Усть-Каменогорск, и пос. Глубокое находилась в пределах 1,0...1,7 ПДК. В г. Усть-Каменогорске наблюдалась максимальная из разовых концентраций диоксида азота равная 5,4 ПДК, в городе Риддер и пос. Глубокое – в пределах 2,0...2,9 ПДК [1].

Средняя концентрация фенола составила 1,2 ПДК. Средняя концентрация фенола в г. Риддере достигла 1,7 ПДК, в г. Усть-Каменогорске – 1,0 ПДК. В г. Усть-Каменогорске наблюдалась максимальная из разовых концентраций фенола равная 3,9 ПДК, в городе Риддер – 1,1...2,0 ПДК. Средняя концентрация формальдегида составила 2,7 ПДК. Средняя концентрация формальдегида в г. Усть-Каменогорске – 2,0 ПДК [1].

В г. Усть-Каменогорске среднее содержание фтористого водорода находилось в пределах нормы. В г. Усть-Каменогорске максимальная из разовых концентраций фтористого водорода составила 2,6 ПДК. Максимальная из разовых концентраций хлористого водорода в г. Усть-Каменогорске достигала 1,9 ПДК [1].

В г. Риддере, г. Усть-Каменогорске и пос. Глубокое средний уровень загрязнения воздуха мышьяком находился в пределах допустимой нормы. В 2007 году в сравнении с 2006 годом в городах Риддер, Усть-Каменогорск уровень загрязнения атмосферы значительно не изменился, в пос. Глубокое – снизился. В 2007 году по сравнению с 2005 годом в г. Риддере, г. Усть-Каменогорске и пос. Глубокое – отмечено снижение уровня загрязнения [1].

Если проследить динамику естественного прироста населения, то, начиная с 1990 г., смертность превышает рождаемость [1] (табл. 5).

Таблица 5

Динамика демографической обстановки в Рудно-Алтайской ТПХС
(данные Агентства статистики РК)

Город	Год				
	2004	2005	2006	2007	2008
<i>Среднегодовая численность населения, тыс. человек</i>					
Усть-Каменогорск	303,6	300,8	299,1	298,5	298,5
Риддер	61,7	61,1	60,4	59,7	59,0
Глубокое	65,9	65,9	65,7	65,5	65,4
Зыряновск	87,2	86,2	85,3	84,5	83,6
Шемонаиха	52,3	51,2	50,4	49,8	49,2
По региону	570,7	565,2	560,9	558	555,7
<i>Естественный прирост (убыль) населения, человек</i>					
Усть-Каменогорск	-693	-778	-275	251	484
Риддер	-637	-674	-651	-722	-476
Глубокое	-602	-578	-559	-547	-398
Зыряновск	-685	-712	-739	-664	-596
Шемонаиха	-387	-344	-373	-329	-246

Число заболевших за прошедшие годы показывает прямую зависимость от степени воздействия комплекса вредных загрязняющих веществ, неблагоприятных метеорологических условий и ряда других факторов, оказывающих комбинированное воздействие на здоровье населения. Это приводит к высокому уровню заболеваемости [1] (табл. 6).

Таблица 6

Заболеваемость злокачественными новообразованиями на 100 тыс. населения в Рудно-Алтайской ТПХС, (данные Агентства статистики РК)

Город	Год				
	2004	2005	2006	2007	2008
Усть-Каменогорск	406,1	418,2	401,7	378,3	382,3
Риддер	384,1	388,1	369,8	414,0	385,5
Глубокое	388,5	395,8	352,1	338,9	393,9
Зыряновск	432,3	424,8	362,7	314,9	325,4
Шемонаиха	414,9	359,3	373,8	334,0	360,3
По региону	2025,9	1986,2	1860,1	1780,1	1847,4

По статистическим данным информационно-медицинского центра Восточно-Казахстанской области, в регионе отмечается рост болезней органов дыхания, аллергических проявлений различной степени, болезни кожи и системы кровообращения. Из года в год в регионе регистрируется самый большой процент заболеваний органов дыхания, он занимает лидирующие позиции среди областей Казахстана. Региональный показатель данного заболевания превысил республиканский на 87 % [1].

Для иллюстрации связи были вычислены коэффициенты корреляции между уровнем заболеваемости злокачественными новообразованиями и количеством выбросов от стационарных источников Рудно-Алтайской ТПХС.

Установлена корреляционная связь между заболеваемостью населения злокачественными новообразованиями и количеством газообразных выбросов ($R = 0,6$) и слабая связь с твердыми выбросами ($R = -0,2$). Низкая связь заболеваемости с твердыми выбросами объясняется незначительной долей выбросов. Основная масса выбросов приходится на газообразные вещества. Получена зависимость, связывающая уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями и количеством выбросов от стационарных источников Рудно-Алтайской ТПХС: $y = 5,625 x + 1519$, $R^2 = 0,671$, где y – величина заболеваемости злокачественными новообразованиями на 100000 населения; x – выбросы от стационарных источников, тыс. т/год (рис.).

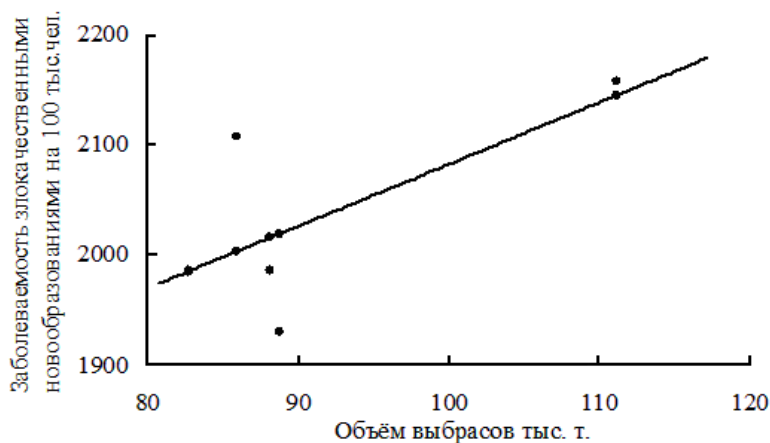


Рис. Эмпирическая зависимость заболеваемости злокачественными новообразованиями и количеством выбросов от стационарных источников Рудно-Алтайской ТПХС.

Следует отметить, что регион занимает второе место в республике по заболеваемости злокачественными новообразованиями после Карагандинской области и второе место по заболеваемости органов дыхания после г. Алматы. Этот факт во многом указывает на неблагоприятность экологического состояния в регионе [4, 8].

В ходе проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Промышленные предприятия оказывают неблагоприятное воздействие на состояние воздушного бассейна региона.
2. Основными источниками загрязнения атмосферы являются предприятия цветной металлургии.
3. Выявлено превышение ПДК различных веществ в воздушном бассейне региона в 1,5...2 раза.
4. В 2008 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха региона характеризовался как высокий (ИЗА = 7...13).
5. Выявлена причинно-следственная связь между количеством выбросов и заболеваемостью злокачественными болезнями.
6. Состояние здоровья населения в большей степени зависит от экологической обстановки, а также других факторов, обусловленных особенностями региона. Поэтому, вопросы, касающиеся улучшения экологической обстановки и здоровья населения должны решаться с учетом влияния всех факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Охрана окружающей среды и устойчивое развитие Казахстана. / Статистический сборник. – Алматы: Агентство по статистике РК, 1990 – 2008.

2. Баяндинова С.М. Техногенная обусловленность развития геосистем Восточного Казахстана // Материалы международной научно-практической конференции «География: наука и образование». – Алматы, 2007. – С. 44-54.
3. Белозеров Е.С., Джасыбаева Т.С. Социально-экологические аспекты здоровья человека. – Алматы: РПО «Полиграфия», 1993. – 220 с.
4. Исакова Н.А., Медеу А.Р. Республика Казахстан – Том 3: Окружающая среда и экология. – Алматы, 2006. – 518 с.
5. Надыров Ш.М. Пространственная организация территории и расселения населения Республики Казахстан до 2030 г. – Алматы: АО «Институт экономических исследований», 2008. – 352 с.
6. Сальников В.Г. Эколого-климатический потенциал Казахстана – Алматы: «Қазақ университеті», 2006. – 360 с.
7. Токмагамбетова Р.Ю. Влияние экологической обстановки на состояние здоровья населения Акмолинской области. // Гидрометеорология и экология. – 2007. – №1. – С. 125-136.
8. Чигаркин А.В. Геоэкология Казахстана. – Алматы: «Қазақ университеті», 2006. – 320 с.
9. Bradl H.B. Heavy Metals in the Environment: Origin, Interaction and Remediation, Elsevier - Amsterdam, 2005.
10. Brunekreef B. and Holgate S.T. Air pollution and health, Lancet 360 (2002), p. 123.
11. Clarke M., Pilnick A., Edgley A. Seen and unseen 'dirt': lay perceptions of air quality and health impacts in Nottinghamshire, Health & Place.

Казахского национального университета имени аль-Фараби

**РУДНО-АЛТАЙ ӨЛКЕЛІК ТАБИҒИ-ШАРУАШЫЛЫҚ
ЖҮЙЕСІНІҢ АТМОСФЕРА АУАСЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ
ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТҮРҒЫЛЫҚТЫ ХАЛЫҚТЫҢ
ДЕНСАУЛЫҒЫНА ӘСЕРІ**

М.А. Каратаев

Рудный Алтай өлкелік табиғи-шаруашылық жүйесінің ауа бассейнінің экологиялық жағдайы қаралып, медико-демографиялық көрсеткіштеріне ластанудың кері әсерін тигізетіні белгілі болды. Рудный Алтайлық ӨТШЖ-ң тұрақты көздерінен шығатын шығарынды мөлшері мен жаңа қалыптасқан қатерлі аурулардың деңгейі арасындағы корреляциялық байланыс орнатылды. Шығарындылардың мөлшерінің өзгеруі мен жаңа қалыптасқан қатерлі аурулардың деңгейі арасындағы мөлшерлік тәуелділікті көрсету үшін регрессивтік анализ жүргізіліп, регрессивті үлгісі құрылды.

УДК 551.510.42

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ КАЗАХСТАНСКОГО ПРИАРАЛЬЯ

Б.К. Бекнияз

Современное состояние геологической среды Приаралья является результатом взаимодействия природных и техногенных факторов. Для анализа взаимодействия составляется базовая картографическая модель геологической среды и техносферы с использованием методов типизации. Комплексное изучение современного состояния геологической среды и техносферы региона с привлечением материалов аэрокосмических съемок служит основой для прогнозирования геоэкологических условий территории. Базой таких прогнозов является количественный ретроспективный анализ изменений геологической среды.

В Республике Казахстан экологические вопросы переведены в ранг национальной безопасности и рассматриваются в контексте с устойчивым развитием общества. В этой связи, на уровне Президента страны принят ряд важнейших документов в области экологии и устойчивого развития. Среди них особое место занимают Концепция экологической безопасности Республики Казахстан на 2004...2015 гг., Концепция перехода Республики Казахстан к устойчивому развитию на 2007...2024 гг. и Экологический кодекс Республики Казахстан.

Научные исследования для обоснованной выработки рекомендаций по практической реализации направлений и правовых основ, отраженных в данных документах, являются весьма актуальным для Казахстана. На протяжении многих десятилетий в Казахстане складывалась преимущественно сырьевая система природопользования с экстремально высокими техногенными нагрузками на окружающую среду. И в настоящее время экологическая ситуация характеризуется деградацией природных систем, что ведет к дестабилизации биосферы, утрате ее способности поддерживать качество окружающей среды.

Одной из задач в области экологической безопасности является предотвращение процессов опустынивания и деградации земель. Большая

часть Казахстана располагается в засушливой зоне и около 66 % ее территории в разной степени подвержено процессам опустынивания.

Рассматриваемый нами Приаральский регион находится на территории, подверженной процессам опустынивания и деградации земель. В результате непродуманных хозяйственных действий произошло обмеление Аральского моря и на прилегающей к нему территории нарушилась естественная экологическая система, деградировала флора и фауна, и вследствие неблагоприятной экологической обстановки нанесен существенный вред здоровью населения (рис. 1).



Рис. 1. Космический снимок Аральского моря (2009 г.) с изображением его береговой линии по состоянию на 1965 г.

Экологическое состояние Приаральского региона в немалой степени определяется негативными изменениями не только воздушного бассейна, гидро- и биосферы, но и геологической среды. Поэтому, нами проведена комплексная оценка состояния, изменений и динамики геологической среды, которая решает вопросы прогнозирования развития систем и представляет объективные данные качественного и количественного характера для разработки рекомендаций по охране и рациональному использованию территории. Актуальным является использование современных методов исследований, основанных на инженерно-геоэкологическом подходе, использовании дистанционных методов зондирования, организации сети стационарных наблюдений и комплексного геоэкологического мониторинга.

В ходе проведенных исследований изучены инженерно-геологические условия Приаралья, в том числе осушенного дна Аральского моря. Установлено влияние неотектоники и современных движений на формирование крупногрядового песчаного рельефа Северных Кызылкумов. Выявлена динамика компонентов геологической среды, их направленность и скорость в физическом времени, впервые выявлены погребенная дельта и палеоруслу Сырдарьи по материалам космических съемок, установлены особенности отображения на них компонентов геологической среды.

В основу исследований положены результаты полевых работ, стационарных наблюдений, дешифрирования аэрокосмических снимков. Проведено картографирование в масштабах 1:500 000 и 1:200 000, организован ряд наблюдательных площадок, профилирование и съемки осушенного дна Аральского моря, крупномасштабные съемки и картографирование отдельных проявлений процессов, ежегодные аэровизуальные и наземные наблюдения береговой зоны Аральского моря, горные выработки с отбором проб грунта и воды для лабораторных анализов.

Геологическая среда оказывает непосредственное влияние на экологическую обстановку любого региона, являясь наиболее консервативной по сравнению с другими средами, такими как атмосфера или гидросфера, в смысле их изменчивости. Геологическая среда изменяясь, только после длительного хозяйственного воздействия на нее, влечет угрозу здоровью и жизни человека. Но, на ее восстановление до стабильного состояния требуется гораздо больше времени и средств.

В условиях Приаралья геологическая среда особенно чувствительна, легко ранима и поэтому динамична. Чувствительность выражается в слабой степени устойчивости компонентов геологической среды аридной зоны, а динамичность – в проявлении широкого спектра экзогенных геологических и техногенных процессов.

Анализ формирования опасных геоэкологических ситуаций и состояния изученности геологической среды Приаралья позволяет выбрать те пути и методы решения проблемы, которые отвечают следующим требованиям. Во-первых, экологически кризисная ситуация предопределяет экологическую направленность любых видов исследований; во-вторых, возможность фиксации быстроизменяющихся условий геологической среды; в-третьих, комплексность, быстрота и дешевизна проводимых работ; в-четвертых, принятие во внимание уникальности изменений природных условий и, в-пятых, возможность выдачи обоснованных прогнозов и рекомендаций.

Геологическая среда, в классическом ее понимании [6], теснейшим образом связана с инженерно-хозяйственной деятельностью и изменяется под ее воздействием. Одностороннее изучение геологической среды с целью предотвращения ее негативного воздействия на хозяйственные объекты не учитывает влияние ее изменений на атмосферу, гидросферу и биосферу, которые непосредственно определяют жизнедеятельность человека. Поэтому в настоящее время вопросы охраны и рационального использования геологической среды стоят очень остро. Экологический подход к изучению геологической среды предусматривает новое направление в инженерно-геологической науке, это инженерная геоэкология. Разработанное и предложенное Г.А. Голодковской и Ю.Б. Елисеевым, это направление ставит своей задачей изучение геологического пространства как среды обитания, и ее инженерного преобразования. Авторы так понимают сущность нового направления: «Выделение инженерной геоэкологии в самостоятельное направление продиктовано его отличиями от традиционных инженерно-геологических исследований. Инженерная геология, изучая верхние этажи литосферы, основной упор делает на оценку и прогноз влияния геологической среды на устойчивость сооружений. Новое направление целью своих исследований ставит изучение обратных связей сооружения с геологической средой. Под инженерной геоэкологией понимается системное изучение взаимодействия геологической среды с внешними как природными, так и искусственными средами.... Генеральной задачей инженерной геоэкологии является разработка теории и методов системного анализа энергомассообмена между геологической средой, техносферой и контактными средами Общий методологический подход к инженерно-геологическому изучению геологической среды определяется довольно четко. Он основан на представлениях о тесных массо- и энергосвязях геологической среды с другими природными и техногенными средами, требующих системного изучения составляющих эти среды компонентов» [3].

При разработке конкретных методов и форм управления состоянием геологической среды за основу должен быть принят функциональный подход. Именно он заставляет учитывать многообразие и взаимообусловленность процессов антропогенного воздействия на геологическую среду. Главное методологическое условие изучения геологической среды в сегодняшней экологически тревожной ситуации заключается в системности построения базовой модели. Базовая модель должна быть картографической – в виде атласа специализированных карт, отражающих полную кар-

тину взаимодействий лито- и техносферы с поверхностными водами, почвами и растительностью, поверхностной частью атмосферы. Главным видом исследований является составление объемной, динамичной картографической модели территории в виде атласа вспомогательных и основных карт, характеризующих геологическую среду и техносферу.

Геоэкологический мониторинг является важнейшей составляющей частью геоэкологических исследований. Мониторинг включает наблюдение, оценку и прогноз антропогенных изменений, выявление источников и причин этих изменений. В настоящее время существуют различные варианты применения мониторинга. Для целей изучения геологической среды выделяются три типа мониторинга в зависимости от сферы применения и методов осуществления. Это инженерно-геологический мониторинг или литомониторинг, гидрогеологический мониторинг или мониторинг подземных вод, и аэрокосмический мониторинг геологической среды (АКМГС).

Перечисленные виды мониторинга относятся к отраслевым, поэтому в настоящее время предложен еще один вид мониторинга, комплексный.

«Комплексный мониторинг биотехносферы можно определить как систему повторяющихся, заранее запланированных наблюдений за изменением приоритетных показателей состояния отдельных систем биосферы (тропосферы, поверхностной гидросферы, гидролитосферы); оценки и прогноза этих изменений во времени и пространстве и направленного управления ими» [4].

В последнее время определился еще один вид мониторинга – геоэкологический. Это информационная система, включающая картографическую модель, канал информационного обеспечения модели, подсистемы обработки, хранения данных и математического прогнозного моделирования. Предметом его изучения является геологическая среда, техносфера, элементы граничных сред.

Одним из способов осуществления геоэкологического мониторинга является АКМГС. Основные положения АКМГС определены как система регламентированных периодических дистанционных наблюдений за состоянием геологической среды и ее пространственно-временными изменениями, их оценки и прогноза для решения управленческих задач по охране и рациональному использованию земных недр. Основными объектами АКМГС являются изменяющиеся компоненты геологической среды, а также воздействующие на нее природные и антропогенные факторы, которые прямо или косвенно отражаются на материалах дистанционных

съемок. Организация и проведение АКМГС предусматривает соблюдение принципов комплексности, периодичности, последовательного приближения, унификации и автоматизации.

Элементом мониторинга является ретроспективный анализ изменений геологической среды. Он осуществляется с использованием ранее составленных топографических и тематических карт, аэро- и космических снимков прошлых лет. В наших исследованиях были использованы топографические карты территории Приаралья, масштаба 1:200 000 (1948 г.), космические снимки (КС) масштаба 1:200 000 и мельче, начиная с 1976 г., аэрофотоснимки различных масштабов и времен съемки. А также использованы тематические карты различного масштаба и времени составления. Эти материалы служили основой для карт динамики геологической среды и техносферы.

В работе также осуществлены некоторые элементы литомониторинга. В частности, были проведены инструментальные замеры параметров некоторых экзогенных геологических процессов. Замеры производились ежегодно на оборудованных площадках. Проводились наблюдения за процессами овражной эрозии, плоскостного смыва, движения песков, определялись скорость прохождения процесса и объем вынесенного материала. На осушенном дне Аральского моря выполнены работы по изучению изменений физико-механических свойств грунтов.

Организация и осуществление мониторинга геологической среды Приаралья, как и других регионов, дело сложное и дорогостоящее, под силу крупным организациям. Нашей задачей является применение элементов мониторинга и отдельных его стадий для изучения изменений и прогноза состояния геологической среды на ближайшее будущее с целью выдачи научно-обоснованной рекомендации по организации мониторинга геологической среды Приаралья.

Отвечая требованиям инженерно-геологических исследований и особенностям природных условий Приаралья, методика выполненных работ складывалась из трех основных видов, которые взаимодополняют друг друга и являются звеньями комплексной оценки геологической среды Приаралья. Это дистанционные методы зондирования, наземные полевые работы и инженерно-геологическое картографирование.

Широкое применение аэрокосмических методов исследований геологической среды Приаралья обусловлено рядом причин. Это большая площадь, плохая транспортная доступность, динамичность геологической среды, отсутствие информации о современном ее состоянии, объектив-

ность материалов съемок в отражении изменений внешнего облика геологической среды, хорошая обзорность и возможность получения качественно новой информации. Аэрокосмические методы широко использованы нами при составлении инженерно-геологической карты Казахстанской части Приаралья [1]. При составлении геодинамической карты также были использованы материалы космофотосъемки различных видов, масштабов и времен. Основой составления ее послужила карта парагенетических комплексов процессов [5].

Широкое применение нашли КС при картировании литологических типов грунтов на осушенном дне Аральского моря, при выявлении участков субаквальной разгрузки подземных вод, участков развития экзогенных геологических процессов. При составлении карты техногенной нагрузки на геологическую среду, с помощью КС выделены различные типы хозяйственных объектов, а также результатов этих воздействий. Была уточнена гидрографическая сеть района, особенно конфигурация внутридельтовых, фильтрационных и околоскважинных озер, выявлены сухие русла древних водотоков. При характеристике неотектонических особенностей региона выявлены линеаменты меридианальной ориентировки, которые определили направленность крупнорядового рельефа песчаных массивов Кызылкумов [2].

По космоснимкам регионального уровня генерализации впервые выделены погребенная дельта и русла палео-Сырдарьи, уточнены границы распространения водоносного комплекса верхнечетвертичных отложений. Важная роль отводится космоснимкам при проведении ретроспективного анализа изменений геологической среды, при котором широко используется периодичность космических съемок.

Наземные полевые инженерно-геоэкологические исследования проводились ежегодно. Они включали: аэровизуальные наблюдения, определение ключевых участков и работу на них, проведение опорных маршрутов, инженерно-геологическое опробование, горно-проходческие работы, инженерно-геоэкологические наблюдения и фотодокументацию.

Основными результатами, применяемой методологии является базовая модель геологической среды и техносферы. Она носит объемный, динамический картографический и описательный характер. Картографическая часть модели представляется в виде атласа специальных вспомогательных и основных карт.

Описательная часть содержит текстовую характеристику моделей в виде пояснительных записок. Вспомогательные карты, характеризующие геологическую среду, включают: геологическую, геоморфологическую, гидрогеологическую, геодинамическую и ландшафтно-геохимическую. Вспомогательные карты, характеризующие техносферу, включают карты инженерно-хозяйственного освоения (нагрузки) и инженерно-хозяйственного воздействия на геологическую среду.

Основные карты включают типизации геологической среды, техногенных воздействий и состояний (измененности) геологической среды, прогнозные геоэкологические карты. Последние трансформируются в картографическую модель рекомендательного плана.

Представленная методология проведения работ на территории казахстанской части Приаралья позволила выявить ряд закономерностей и новое представление о некоторых условиях и процессах исследуемой территории. Приведем несколько, интересных с нашей точки зрения, примеров.

1. При анализе работ по гидрогеологическому изучению территории Приаралья нами (с использованием космических снимков) получены новые данные. Как известно, по космофотоснимкам можно распознать погребенные речные долины и дельты. Обычно врезы палеорек в Приаралье заполнены осадками, а сверху перекрыты эоловым чехлом.

На космических снимках по потемнению фототона, характерному для территорий с повышенной влажностью, нами впервые, в районе между реками Жанадарья и Кувандарья выявлена погребенная дельта палео-Сырдарьи (рис. 2). В плане это треугольник, с многочисленными извилистыми полосами, отходящими от нее в сторону реки Кувандарья и соединяющиеся с ней в месте ее крутого поворота на север, а также рукава, отходящие к южной окраине современной дельты Сырдарьи. Палеоруслы, являясь гидроиндикаторами, могут указывать места формирования подземных гидрогеологических бассейнов. При сопоставлении схемы дешифрирования данного космоснимка с гидрогеологической картой Приаралья оказалось, что выделенная нами погребенная дельта соответствует водоносному горизонту верхнечетвертичных аллювиальных отложений. Но контур ее предположительно выделен по нескольким точкам бурения, поэтому представленная нами информация уточняет контур распространения этого водоносного горизонта и может служить фактическим материалом при построении палеогеографических схем миграций палеорусел Сырдарьи.

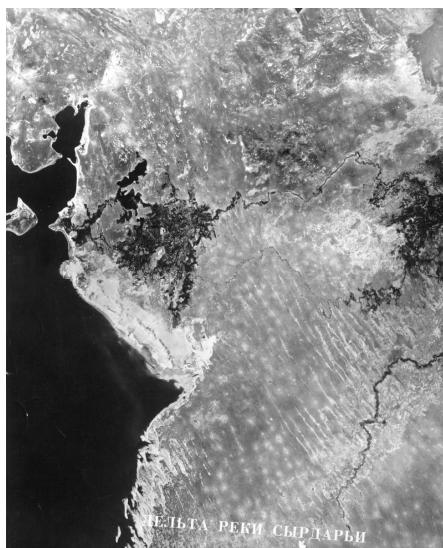


Рис. 2. Космический снимок территории междуречья р. Сырдарьи и сухого русла Жанадарьи в Северных Кызылкумах.

2. В тектоническом отношении палеозойский фундамент региона представляет собой систему субмеридианальных блоков, разделенных разно порядковыми разломами и сложенных породами геосинклинальных складчатых тектоно-стратиграфических комплексов от архейско-нижнепротерозойского до верхнепалеозойского возраста. Пликативные структуры осложняются протяженными долгоживущими разломами и мелкими разрывами. Выраженность пликативных деформаций в рельефе, например, дислоцированность балочных, речных и морских террас, а также структурная обусловленность рельефа рассматриваются как косвенные признаки проявления неотектоники.

Выраженность неотектонических движений в рельефе наглядно иллюстрирует следующий пример. Район Северных Кызылкумов является частью исследуемой территории и представляет большой интерес в силу своей малой изученности и необычности песчаного рельефа. Необычность заключается в наличии крупных песчаных гряд меридиональной ориентировки. Если мы обратимся к космическому снимку регионального уровня генерализации, то непременно отметим еще одну особенность рельефа территории (рис. 2). Это параллельность песчаных гряд, между которыми также параллельно расположены древние речные долины. На черно-белом снимке пески отображаются темным зернистым фототонном, а долины более светлым. Особенно четко и контрастно эта особенность выражена на территории, ограниченной с севера рекой Сырдарьей, с запада – восточ-

ным берегом Аральского моря, с юга-востока – древней аллювиальной равниной Жанадарьи. Эта территория не осталась без внимания многих исследователей пустынь, которые изучали историю ее геологического развития и особенности геоморфологического строения.

Несколько выдержек из истории геологического развития. Миграция Сырдарьи началась на рубеже миоцена и плиоцена и продолжается до настоящего времени. Миграцию Сырдарьи подтвердили данные бурения, обнаружившие русловые пески. К юго-востоку от Арала Сырдарья образовала обширную аллювиальную равнину. Песчаный аллювий был переработан эоловыми процессами, и в результате сформировалась песчаная равнина с грядовым, ячеисто-грядовым рельефом.

Б.А. Федорович в работе [7] дает объяснение механизму формирования крупных песчаных гряд на этой территории. Согласно его высказыванию, которое подтверждается многочисленными данными о том, что «присутствие дернового покрова приводит к выпадению эмбриональных форм перпендикулярных ветру и, как правило, к развитию форм параллельных ветру», наши гряды должны быть образованы за счет ветров, дующих в меридианальном направлении. Некоторые выдержки из вышеуказанной статьи Б.А. Федоровича: «Анализ данных метеостанций, находящихся вдоль железной дороги указывает на преимущественное развитие северо-восточных ветров. Направление песчаного рельефа четко обрисовывает «обтекание» ветрами Аральского моря, оказывающееся для них не меньшим препятствием, чем горный массив». Объяснение вышеуказанной роли Аральского моря, пишет автор, следует искать в том, что в течение всего теплого сезона, охватывающего здесь около 8 месяцев, суша настолько сильно нагревается по сравнению с водами Арала, что этот замкнутый бассейн образует над собой своего рода шапку холодной воздушной массы, т.е. свой барометрический максимум, естественно обтекаемый более теплыми ветрами. На первый взгляд все на своих местах – рельеф песков и направление ветров соответствуют. Но обратим внимание на следующее:

Данные многолетних наблюдений на метеостанциях, расположенных в Восточном Приаралье и острове Барсакельмес (не только вдоль железной дороги), однозначно указывают все-таки на преимущественное развитие на этой территории ветров северо-восточного направления.

В вышеуказанной статье автор убедительно доказывает, что «зимняя», а не «летняя» система ветров в этом районе в большей мере определяет рельеф песков, потому что обладает большей силой. Это не соотносится с

образованием барометрического максимума в летнее время. Почему подобного «обтекания» не происходит в районе Каспийского моря, такого же замкнутого водоема аридной зоны («Схематическая карта распространения лесса и рельефа песков Азии», автор Б.А. Федорович [8])? Эти данные опровергают предположение Б.А. Федоровича об обтекании Аральского моря северо-восточными ветрами и изменения своего направления на северное. Чем же на самом деле обусловлена такая ориентировка песчаных гряд и древних сухих русел, расположенных между ними?

При дешифрировании космических снимков регионального уровня генерализации, по характеру изгибания русел рек Сырдарья, Кувандарья и Жанадарья выделены линеаменты меридиональной ориентировки. Их направление совпадает с направлением многочисленных сухих древних русел рек и межгрядовых такыровидных понижений. Направление песчаных гряд также совпадает с линеаментами, что однозначно может указывать на пространственную связь между ними.

При сопоставлении отдешифрированных линеаментов с «картой разломов...», оказалось, что два из них соответствуют Сырдарьинскому и Казалинскому разломам. При наложении на тектоническую карту палеозойского фундамента часть линеаментов совпадает с разломами и элементами фундамента, вытянутыми в меридиональном направлении (гранитные интрузии, ограниченные разломами). Мощность осадочного чехла на этой территории составляет 1200...1500 м. Несмотря на это ориентировка элементов фундамента повлияла на современный рельеф. Это говорит о ведущей роли неотектонических движений в формировании рельефа.

Как известно, в среднем плиоцене под влиянием растущего Центрально-Кызылкумского поднятия, Сырдарья начала миграцию с юга на север. Рельеф того времени имел форму увалов преимущественно субширотного направления, и изменения направлений течения рек обуславливались их прорывом в смежные гипсометрически ниже расположенные долины. По нашему мнению этот прорыв происходил по ослабленным зонам трещиноватости меридиональной ориентировки, которые к этому времени уже были заложены. Воды выработали эти долины, заноса сюда песчаный аллювий. Это подтверждают геоморфологические профили, (располагающиеся в крест простирацию описываемых долин), из которых следует, что эоловые пески наложены не на ровную глинистую поверхность, а на волнообразную с чередованием понижений и поднятий. При этом образуется глинистый вал под песчаными грядами. По мере обезвоживания песчаный

аллювий был переветрен ветрами и скопился в бортовых частях в виде гряд. А ветры северо-восточного направления в приземном слое подстраиваются по направлению долин, меняя свою ориентировку.

3. Грунты осушенного дна Аральского моря представляют большой научный интерес. Нами были изучены физико-механические свойства грунтов и их изменение во времени; оценка скорости диагенетических преобразований отложений; изучение особенностей развития экзогенных геологических процессов. Территория осушенного дна Аральского моря сложена комплексом современных морских песчано-глинистых отложений, свойства и состояние которых изменяются во времени, вследствие смены морских условий на континентальные. Сравнительная характеристика свойств грунтов производилась по времени высвобождения грунтов из-под воды и в одной точке опробования через определенный интервал времени (год).

Анализ физических свойств грунтов осушенного дна, проведенный по 130 пробам, показал, что существуют определенные закономерности их изменений во времени. Полученные данные позволяют отнести изменения в этих грунтах к ранней стадии диагенеза. Диагенез на осушенном дне происходит за счет обезвоживания и уплотнения грунтов, увеличения испарительной концентрации солей и одновременно сопровождается процессами рассоления и метаморфизации вод морского происхождения при взаимодействии с метеорными водами. Возможен также катионный обмен между поглощающим комплексом глин и поровым раствором в зоне аэрации. Знание этих показателей необходимо для выдачи рекомендаций по фито- и технической мелиорации грунтов осушенного дна моря.

Приведенные выше примеры наглядно иллюстрируют возможности геоэкологического подхода при анализе ситуации и при построении базовой картографической модели для аридных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекниязов Б.К. Инженерно-геологическая карта Приаралья М 1:500000, Ташкентская картфабрика ГУГК Узбекистана, 1996.
2. Бекниязов Б.К. К вопросу о происхождении крупногрядового рельефа Северных Кызылкумов. / Материалы республиканской конференции молодых ученых и специалистов по проблемам геологии и геофизики. – Баку: 1988. – изд. Элм. – 99 с.
3. Голодковская Г.А., Елисеев Ю.Б. Геологическая среда промышленных регионов – М.: Недра, 1989. – 220 с.

4. Зеегофер Ю.О., Тютюнова Ф.И. Техногенные подсистемы гидролитосферы: Проблемы управления – М.: Наука, 1990. – 128 с.
5. Позднышева Д.П., Бекниязов Б.К. Карта экзогенных процессов Приаралья М 1:500 000. Ташкентская картфабрика ГУГК Узбекистана, 1996.
6. Сергеев Е.М. Инженерная геология. – М.: Из-во МГУ, 1982. – 248 с.
7. Федорович Б.А. Динамика и закономерности рельефообразования пустынь. – М.: Наука, 1983. – 236 с.
8. Федорович Б.А. Рельеф песков Азии, как отображение процессов циркуляции атмосферы // Проблемы физической географии. – Вып. 13. – 1948. – С. 91-109.

НПО «Евразийский центр воды», г. Астана

ҚАЗАҚСТАНДЫҚ АРАЛ МАҢЫНЫҢ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ОРТАСЫН БАҒАЛАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗІ

Б.Қ. Бекнияз

Арал маңының геологиялық ортасының қазіргі заманғы ахуалы табиғи және техногендік факторлардың өзара әрекетінің нәтижесі болып табылады. Өзара әрекетті талдау үшін типтендіру әдістерін пайдаланумен геологиялық ортаның және техносфераның базалық картографиялық моделі құрастырылады. Аэроғарыштық түсірілім материалдарын тартумен өңірдің геологиялық ортасының және техносферасының қазіргі заманғы ахуалын кешенді зерделеу аумақтың геологиялық шарттарын болжау үшін негіз ретінде қызмет етеді. Мұндай болжамның базасы геологиялық орта өзгерістерінің сандық ретроспективалық талдауы болып табылады.

УДК 551.4(574).502.7

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРЫ
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ
(В ПРЕДЕЛАХ ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

К.М. Ахмеденов

В статье дается анализ структуры землепользования степей Западно-Казахстанской области и антропогенные нагрузки на природные комплексы. Приведены результаты оценки степени сбалансированности территориальной структуры Западно-Казахстанской области. Определены основные пути рационализации степного землеустройства на региональном уровне.

Широкомасштабная распашка новых земель в период освоения целины в 50-е годы в степях Волго-Уральского междуречья оценивается как фактор многократного увеличения антропогенной нагрузки на степные ландшафты. Уничтожение степного ландшафта, истребление флоры и фауны поставили целинные регионы на грань экологической катастрофы. Ситуация, сложившаяся на целине в первой половине 90-х годов, была объективно оценена учеными и практиками, работающими в области степного природопользования. Вот, что пишет известный исследователь степного ландшафта Казахстана В.А. Николаев [5]: «Видимо, пришло время пересмотреть структуру земельного фонда республики Казахстан. Во-первых, необходимо выбраковка из состава пахотных земель агроландшафтов, характеризующихся невысоким бонитетом; во-вторых – строгое соблюдение пастбищных нагрузок и рациональных пастбищеоборотов на естественных кормовых угодьях. И, наконец, необходимо серьезно изучить и решить проблему создания сети особо охраняемых территорий».

Разработанная институтом степи УрО РАН [6, 7] концепция степного природопользования предусматривает частичное восстановление степного ландшафта с одновременным переводом низкобонитетной пашни в пастбищно-сенокосные угодья, сконцентрировав при этом производство зерновых на лучших землях, с применением передовых технологий возделывания.

Для формирования устойчивой новой структуры землепользования в степной зоне необходимо новое агроландшафтное районирование и ти-

пология земель с последующей хозяйственно-экологической оценкой отдельных типов. Для сохранения природного разнообразия и укрепления устойчивости антропогенных природных ландшафтов должна быть увеличена доля земель экологического фонда. Земли экологического фонда представляют собой как бы каркас стабилизации природно-антропогенных ландшафтов.

Важным шагом для устойчивого развития сельского хозяйства стало принятие в 1994 году республикой Казахстан программы развития сельского хозяйства, учитывающей естественноисторические традиции землепользования при ликвидации убыточного земледелия в сухих и опустыненных степях.

Изменения в структуре землепользования Западно-Казахстанской области (ЗКО) за последние 10 лет нельзя рассматривать как катастрофические с точки зрения экологии. Специализация сельского хозяйства ЗКО в целом соответствует местным агроприродным условиям и ресурсам. С учетом небольшого агроэкологического потенциала ЗКО позитивным фактором стало локализация земледелия вокруг основных пунктов потребления и освоения пастбищеоборотов с включением в них массивов зональных земель. В целях предупреждения перевыпаса необходимо соблюдение строгих пропорций между наличием поголовья животных и кормовой базой.

При соответствующей культуре земледелия 700...800 тыс. га пахотных земель с избытком могут обеспечить продуктами питания население региона, а развитие устойчивого животноводства при освоении пастбищеоборотов и рациональном использовании богатейших сенокосов позволит экспортировать животноводческую продукцию в другие регионы. Необходимо пересмотреть структуру земельного фонда: во-первых, необходима выбраковка из состава пахотных земель агроландшафтов, характеризующихся небольшим бонитетом. Вторая задача – строгое соблюдение пастбищных нагрузок и рациональных пастбищеоборотов на естественных кормовых угодьях. Наконец, необходимо серьезно изучить и решить проблему создания сети особо охраняемых природных территорий, учитывая, что в области еще не мало слабоизмененных или почти неизмененных естественных ландшафтов. Создание устойчивого сельского хозяйства при условии сохранения степного ландшафтного и биологического разнообразия возможно при поэтапном внедрении научно-обоснованной стратегии оптимизации степного природопользования.

Современная структура землепользования нуждается в изменениях. Зерновое хозяйство с производством высококачественных сортов пшеницы должно быть сосредоточено на лучших почвах северной части ЗКО с применением эффективной агротехники и методов адаптивно-ландшафтного земледелия. Низкопродуктивные пахотные угодья центральных и южных районов области, где производство товарного зерна убыточно, должны быть переведены в сенокосно-пастбищные.

В целях оптимизации природопользования на локальном уровне автором получены результаты, показывающие территориальные различия эколого-хозяйственного состояния исследуемой территории [2]. От структуры землепользования зависит, как происходит распределение и перераспределение антропогенных нагрузок по территории и, в конечном счете, устойчивость ландшафтов. В этом случае соответствие структуры землепользования (хозяйственной специализации) и структуры ландшафтов имеет важное научно-практическое значение. Оно может быть достигнуто на основе оценки эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) территории, а затем правильной ее организации (землеустройства) с учетом эколого-хозяйственного баланса (ЭХБ). При оценке степени «экологичности землепользования» применяют так называемые «коэффициенты абсолютной и относительной напряженности ЭХС территории», т.е. отношение площадей земель с максимальной и минимальной антропогенной нагрузкой. Конечно, кроме такого соотношения нужно учитывать и конкретный рисунок размещения земель с разной степенью и характером нагрузки, их взаиморасположение. Оценка ЭХБ территории должна производиться не только на уровне региона и административного района, но и на локальном уровне. В последнем случае, когда рассматриваются ландшафты ранга фации, соотношение площадей с разной нагрузкой покажет в общих чертах и взаиморасположение этих площадей. Для определения ЭХБ территории используются следующие характеристики: распределение земель по их видам и категориям, площадь природоохранных территорий, площадь земель по видам и степени антропогенной нагрузки, напряженность ЭХС территории, интегральная антропогенная нагрузка, естественная защищенность территории, экологический фонд территории. Так как управление природными и, в том числе, земельными ресурсами осуществляется в рамках административных единиц и отдельных подразделений (землепользования), то они рассматриваются в качестве объекта изучения (эколого-хозяйственной системы). Такой подход облегчает сбор информации и

практическую реализацию результатов исследований.

Анализ структуры землепользования проводится на основе классификационных единиц земельного кадастра. Для определения степени антропогенной нагрузки (АН) земель вводятся экспертные балльные оценки. Каждый вид земель получает соответствующий балл, после чего земли объединяются в однородные группы; от АН – минимальной на землях естественных урочищ и фаций до максимальной АН – на землях, занятых промышленностью, транспортом. Группировка земель по степени АН позволяет оценить антропогенную преобразованность территорий в сопоставимых показателях. Ими являются *коэффициенты абсолютной (K_a) и относительной (K_o) напряженности* ЭХС территории, т.е. отношения площади земель с высокой АН к площади с более низкой АН. Коэффициент K_a показывает отношение площади нарушенных горными разработками, промышленностью, транспортом земель к площади малотронутых или нетронутых территорий. Это соотношение крайних по своему значению величин должно привлекать к себе особое внимание с целью уравнивания сильных антропогенных воздействий с потенциалом восстановления ландшафта и поддержания на соответствующем уровне необходимой площади заповедников, заказников и других природоохранных территорий. Чем больше их, тем ниже коэффициент K_a и благополучнее состояние окружающей среды. В целом, ЭХС территории в наибольшей степени характеризуется коэффициентом K_o , так как при этом охватывается вся рассматриваемая территория. Снижение напряженности ситуации уменьшает значение коэффициентов, а при K_o , равном или близком к 1, напряженность ЭХС территории оказывается сбалансированной по степени АН и потенциалу устойчивости природы. На территории Западно-Казахстанской области в зависимости от степени АН выделяются зоны с различной напряженностью ЭХС территории (рис. 1).

Каждому антропогенному воздействию или их совокупности соответствует свой предел устойчивости природных и природно-антропогенных ландшафтов. Чем разнообразнее ландшафт, тем он более устойчив. Выражается это, прежде всего большим количеством и равномерным распределением естественных биогеоценозов, урочищ, природоохранных зон и особо охраняемых территорий, совокупная площадь которых составляет экологический фонд ($P_{эф}$) территории. Чем он больше, тем

выше естественная защищенность (ЕЗ) территории и соответственно устойчивость ландшафта. Вместе с тем, уровень ЕЗ территории также зависит от распределения земель по степени АН. Земли, характеризующиеся высокой степенью антропогенной нагрузки, как правило, имеют низкую естественную защищенность. Если принять земли, входящие в экологический фонд с минимальной АН за P_1 , то площади земель с условной оценкой степени АН в 2, 3, 4 балла будут составлять $0,8P_2$, $0,6P_3$, $0,4P_4$ (земли с самым высоким баллом АН в расчет не принимаются). Таким образом, появляется возможность получить суммарную площадь земель со средо- и ресурсостабилизирующими функциями (P_{cf}) по формуле:

$$P_{cf} = P_1 + 0,8P_2 + 0,6P_3 + 0,4P_4.$$

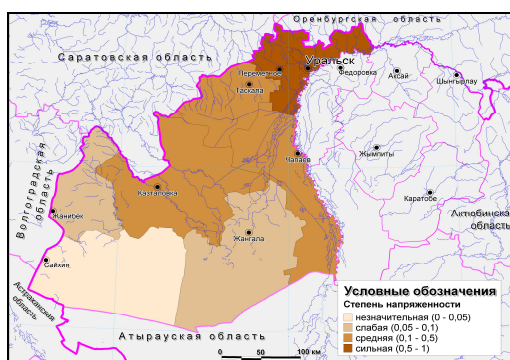


Рис. 1. Напряженность эколого-хозяйственного состояния территории Волго-Уральского междуречья (в пределах Западно-Казахстанской области) по K_0 .

Если соотнести площадь земель P_{cf} к общей площади исследуемой территории (P_o) P_{cf}/P_o , то мы получим коэффициент естественной защищенности территории (K_{ez}). $K_{ez} < 0,5$ свидетельствует о критическом уровне защищенности территории. В отличие от таких показателей, как лесистость, распаханность и т.п., K_{ez} носит интегральный характер и может быть использован для комплексной оценки территории. Оценка выделенных территорий по степени напряженности, согласно классификации Б.И. Кочурова [4], позволяет сделать вывод, что территории с незначительной и слабой степенью комплексного воздействия можно отнести к территориям с удовлетворительной геоэкологической ситуацией (напряженности), здесь допустимо увеличение антропогенного воздействия. Территории со средней степенью комплексного воздействия имеют конфликтную геоэкологическую ситуацию, на них допустимо лишь

сохранение воздействия на существующем уровне. На территориях, где имеется сильное и очень сильное комплексное воздействие, сложилась критическая геоэкологическая ситуация: здесь необходимо проведение мероприятий по уменьшению воздействия. Наихудшее состояние окружающей природной среды выявлено для г. Уральска и прилегающих территорий. Здесь располагаются промышленные предприятия, наиболее интенсивно ведется сельскохозяйственное производство, высока плотность населения и транспортные нагрузки. Очень низкая антропогенная нагрузка характерна для эколого-географических районов пустынно-степной зоны. Дифференциация показателя экологической напряженности по территории области показывает, что наиболее значительная степень геоэкологической напряженности сложилась в северной, а удовлетворительная – в центральной части региона (рис. 1).

Экологическую устойчивость области обеспечивают земли, экстенсивно эксплуатируемые и неэксплуатируемые, т.е. земли с низким уровнем экологической напряженности – особо охраняемые территории, участки занятые лесными насаждениями, территории, используемые под пастбища. Для снижения экологической напряженности предлагается создавать стабилизирующую сеть природных территорий с закреплением соответствующих режимов их использования, предусматривающую расширение площади охраняемых объектов и более рационального расположения их по всей территории области с оптимизацией их использования в природоохранных, рекреационных и других целях.

При оценке уровня комплексного антропогенного воздействия предлагается использовать следующие цепочки значимости, построенные на основе экспертных оценок: плотность населения – площадь пашни – площадь селитебных территорий – плотность скота – выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

При экспертной оценке весовых коэффициентов комплексного антропогенного воздействия (АН) на территории рассчитываются по формуле:

$$АН = 0,22N_{нас.} + 0,21N_{пашин.} + 0,2N_{селитеб.} + 0,19N_{скот.} + 0,18N_{выбр.в\ атм.},$$

где $N_{нас.}$, $N_{пашин.}$, $N_{селитеб.}$, $N_{скот.}$, $N_{выбр.в\ атм.}$ – нормированные величины рассматриваемых характеристик (плотность населения, площадь пашни, селитебная территория, плотность скота (условных голов овец), выбросы загрязняющих веществ в атмосферу). На основе этой формулы построена карта комплексного антропогенного воздействия на административные районы области (рис. 2).

Область допустимых значений рассчитанных безразмерных показателей воздействия задается интервалом от 0 до 1, при этом 0 характери-

зует территории менее подверженные, а 1 – наиболее подверженные техногенному воздействию.

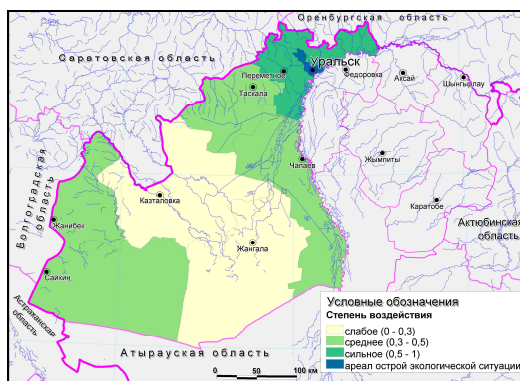


Рис. 2. Комплексное антропогенное воздействие на ландшафты по административным районам Западно-Казахстанской области (в пределах Волго-Уральского междуречья).

Изменения показывают, насколько природные ландшафты приобрели признаки антропогенного в зависимости от участия факторов антропогенеза в формирований внешнего облика. Освоенность определяется характером и типом, нагрузкой на ландшафт, включающей плотность населения, плотность поголовья скота, площадь пашни. В исследуемом регионе степень изменения ландшафтов слабая (0,22), средняя (38,73) и лишь локально сильная (82,55).

Высокая степень сельскохозяйственной освоенности ЗКО означает трансформацию естественных ландшафтов. Сельскохозяйственные угодья области занимают 94 % ее площади, среди них 11,8 % – пашня и залежи, 74,7 % – пастбища, т.е. распахан 1/10 часть территории области. Конечно, это не сравнимо с высокой степенью распаханности в других областях Казахстана, например в Северо-Казахстанской области распаханно 54,5 %, Акмолинской – 39,1 %, Павлодарской – 28 %, т.е. в этих регионах распаханно более половины их территории. Но и этого показателя при нерациональном ведении земледелия вполне достаточно для возникновения геоэкологических проблем и исчезновения степных ландшафтов.

Автором была сделана попытка дифференциации территории Западно-Казахстанской области по степени сбалансированности территориальной структуры на примере 2002 года на основании экспликации земель, отражающей эколого-экономическое состояние административных районов. С целью оценки степени сбалансированности территориальной структуры региона были использованы два интегральных показателя, описанных С.Н. Волковым [3] и адаптированных к сложившейся системе уче-

та земель на уровне административного района: коэффициент экологической стабильности территории ($K_{эс}$) и коэффициент антропогенной нагрузки на территорию ($K_{АН}$). В целом, данные коэффициенты отражают зависимость между соотношением сильно и слабо преобразованных угодий. С их помощью проведено ранжирование Западно-Казахстанской области (в пределах Волго-Уральского междуречья) по степени сбалансированности их территориальной структуры (рис. 3).

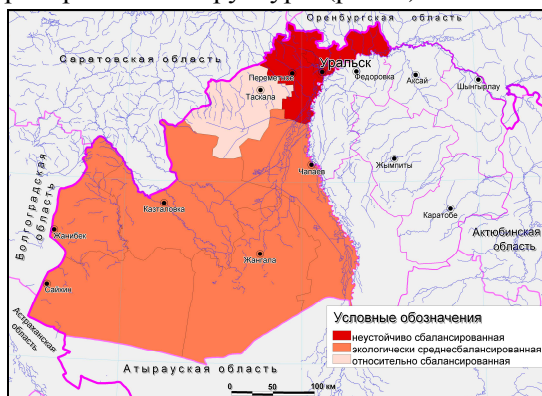


Рис. 3. Сбалансированность территориальной структуры земельных угодий в Западно-Казахстанской области (в пределах Волго-Уральского междуречья).

Для оценки экологической стабильности территории, устойчивость которой падает при повышении сельскохозяйственной освоенности земель, проведении мелиоративных и культурно-технических работ, застройке территории, необходимо вычислить $K_{эс}$ и $K_{АН}$. Если $K_{эс} < 0,33$, то территория экологически нестабильна, при $K_{эс} = 0,34...0,50$ – неустойчиво стабильна, при $K_{эс} = 0,51...0,66$ – переходит в градацию средней стабильности, а при $K_{эс} > 0,67$ – экологически стабильна.

Используя методику, описанную С.Н. Волковым [3] нами была проведена оценка степени сбалансированности территориальной структуры региона. Анализ рис. 3 позволяет сделать вывод, что большинство районов характеризуются средне-сбалансированной территориальной структурой. Это связано, прежде всего, с высокой сельскохозяйственной освоенностью и распаханностью территории. Распаханность территории – один из важнейших показателей степени антропогенного преобразования ландшафтов. За 10 лет (1993...2002 гг.) в республике значительно изменилась структура площади землепользования, так доля пашни в среднем по

республике составляет 10,5 % (уменьшилась на 2,4 %).

По оценочным данным, целесообразное экологическое равновесие наблюдается, когда процентное соотношение между площадями естественных и преобразованных экосистем составляет 60 : 40. Суммарный эколого-социально-экономический эффект условно можно считать низким при распаханной площади до 20 %, средним – при 20...29 %, высоким – при 30...39 % и неудовлетворительным, когда доля пашни составляет 40 % и более [1].

Наибольшая нагрузка на агроландшафты отмечается в г. Уральске (0,35) и Зеленовском районе (0,37) и довольно высокая в Казталовском, Жаныбекском, Бокейординском, Акжайыкском, Жангалинском районах. Значение $K_{эс}$ здесь в среднем равно 0,58, что также характеризует существенное воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду этого региона. Благоприятная обстановка природных условий в Таскалинском районе ощутимо сглаживает процесс опустынивания, значение $K_{эс}$ здесь составляет 0,73.

В районах доля распаханной площади отвечает критериям оптимальности. Приемлемая верхняя величина распаханности составляет 40 % территории [1]. В Зеленовском районе и г. Уральске степень распаханности значительно превышает оптимальный уровень. Наибольшая распаханность характерна для Зеленовского района и г. Уральска, затем Таскалинского и Жаныбекского районов, это, очевидно, связано с историей земледелия и наиболее благоприятными природными условиями для развития товарного земледелия. Доля природных и полуприродных ландшафтов в общей площади, т.е. естественная защищенность территории за счет незначительного количества земель экологического фонда наименьшая в Зеленовском районе и г. Уральске, тогда как в остальных районах этот показатель довольно высокий, что способствует процессам самовосстановления и условиям поддержания агроландшафтов. Количественные показатели сбалансированности территориальной структуры хорошо отражают ландшафтную структуру области: высокие значения в подзоне степи за счет высокой распаханности и больших нагрузок на пастбища при незначительной доле земель экологического фонда; ниже значения в полупустынной зоне.

Основными функциями лесов Западно-Казахстанской области являются поле-, почво- и водозащитные. Площадь лесов и кустарников невелика (1,5 %), хотя выполняемые ими защитные функции значительно возрастают за счет того, что колки небольшими участками разбросаны на территории области. Оптимальный показатель лесистости любой террито-

рии около 20...25 %. В большинстве районов лесистость недостаточная для поддержания экологического равновесия геосистем. Даже при относительно высокой лесистости (в районах Зеленовский, Акжайкский, г. Уральск) леса не везде расположены в достаточном количестве по площади и видовому составу для того, чтобы исключить влияние опустынивания. Относительно высокая степень лесистости в г. Уральске связана с пойменными лесами р. Урал и городской зеленой зоной. В Зеленовском районе с пойменными лесами р. Урал и байрачными лесками в отрогах Общего Сырта. В Акжайкском районе с пойменными лесами р. Урал и в Бокейординском районе с лесными массивами Рын-песков.

Выделенные по сбалансированности структуры территорий районов отражают не только величину антропогенной нагрузки, но и устойчивость различных ландшафтов к ней. Районы с благоприятной геоэкологической обстановкой – это слабозаселенные и не освоенные территории полупустынной и пустынной зон, отличающиеся высокой устойчивостью ландшафтов.

Районы с удовлетворительной экологической ситуацией – это плотнозаселенные районы, преимущественно с долговременным сельскохозяйственным освоением. К ним относятся территории степной и полупустынной зон с низким показателем устойчивости ландшафтов.

К районам с неблагоприятной экологической ситуацией относятся степные районы с интенсивным сельскохозяйственным освоением (разработка целины), мощной транспортной инфраструктурой и долговременной разработкой полезных ископаемых (строительное сырье). Хозяйственное освоение этих районов происходит на фоне высокой демографической нагрузки. Районы с крайне неблагоприятной экологической ситуацией находятся в зоне влияния крупного промышленного центра – г. Уральска. Природа этих районов почти полностью трансформирована мощным промышленным производством (теплоэнергетика, производство стройматериалов, ЖКХ). Вне зоны влияния промышленности главным фактором трансформации ландшафтов выступают долговременное сельскохозяйственное освоение и мощная транспортная инфраструктура. Демографическое давление на эти районы максимально.

В целом использование данных показателей позволяет контролировать и при необходимости корректировать структуру землепользования любого административного района в соответствии с экологическими нормами. Давно известно, что сохранение в степной зоне природных естественных участков, оптимальное пропорциональное соотношение пашни,

лесов, кормовых угодий, способствующих повышению стабильности и продуктивности агроландшафтов и устойчивости природных систем в целом, препятствуют развитию процессов их деградации. Поэтому весьма важно установление предельно допустимых экологических параметров.

Одним из мероприятий по организации сбалансированной территориальной структуры земельных угодий является создание сети особо охраняемых территорий. Главная задача создания сети особо охраняемых территорий в Западно-Казахстанской области заключается в восстановлении нарушенных ландшафтов для выполнения ими необходимых средоформирующих и ресурсовоспроизводящих функций.

Вместе с тем практика интенсивной сельскохозяйственной освоенности территории Западно-Казахстанской области с постоянным расширением посевных площадей, использованием экологически неустойчивых и малопригодных к земледелию почв (супесчаных, солонцовых и т.п.) привела к катастрофическим последствиям. Необходима переориентация хозяйственной деятельности региона на разумное сокращение посевных площадей, восстановление пастбищ, возрождение традиционных форм землепользования и создание природно-заповедного фонда. Все это является составной частью концепции культурного ландшафта, альтернативой существующей организации территории, устройство и обустройство которой предстоит осуществить в самое ближайшее время. В Западно-Казахстанской области всего три особо охраняемых природных территорий (ООПТ) республиканского значения – это два зоологических и комплексный заказники общей площадью 160 тыс. га — около 1 % площади области. Причем нужно иметь в виду, что в этих заказниках преимущественно охраняются экосистемы долины р. Урал и что режим зоологических заказников даже формально направлен на защиту лишь крупных млекопитающих и птиц. Разработанная и предложенная система степных эталонных участков, встроенная в систему ООПТ и схему эколого-географического районирования региона, служит опорной сетью для функционирования мониторинга – основной информационной системы наблюдений, оценки и прогнозирования функции почвенного покрова и других компонентов с выявлением антропогенных изменений на фоне естественных процессов почвообразования. В том числе ландшафтно-экологического мониторинга опустынивания. Всё вышеизложенное предполагает необходимость усиления природоохранных мероприятий на территории Западно-Казахстанской области.

Хочется верить, что поэтапное внедрение научно-обоснованной стратегии оптимизации степного природопользования поможет восстано-

вить степи. Ведь степь – это историко-культурное родовое наследие казахского народа. Наследие, которое досталось ему по праву рождения и он обязан передать его в сохраненном виде будущим поколениям.

Создание устойчивого сельского хозяйства при условии сохранения степного ландшафтного и биологического разнообразия станет основой для устойчивого развития Западно-Казахстанской области и всего Казахстана в 21 веке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрэкология / Под ред. В.А. Черникова, А.И. Черекеса. – М.: Колос, 2000. – 535 с.
2. Ахмеденов К.М. Современное геоэкологическое состояние степей Западно-Казахстанской области (в пределах Волго-Уральского междуречья) // Степи Северной Евразии. Материалы IV международного симпозиума. – Оренбург: ИПК «Газпромпечатъ», 2006. – С. 75-78.
3. Волков С.Н. Землеустройство. Том 2: Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство. – М.: Колос, 2001. – 648 с.
4. Кочуров Б.И. Геоэкология (География экологических ситуаций). – М.: Изд-во МГОПУ, 1998. – 122 с.
5. Николаев В.А. Ландшафты азиатских степей. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 288 с.
6. Чибилев А.А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. – Свердловск: УрО РАН, 1992. – 171 с.
7. Чибилев А.А., Дебело П.В. Ландшафты Урало-Каспийского региона. – Оренбург: Димур, 2006. – 263 с.

ЗК аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск

ЕДІЛ-ЖАЙЫҚ ӨЗЕНАРАЛЫҒЫНЫҢ (БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ ШЕГІНДЕ) ЖЕР ПАЙДАЛАНУ ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ

К.М. Ахмеденов

Мақалада Батыс Қазақстан облысының даласының жер пайдалану құрылымына және табиғи кешендерге антропогендік жүктемелерге талдау берілді. Батыс Қазақстан облысының аймақтық құрылымының тепе-тенділу деңгейіне баға берудің қорытындылары келтірілген. Аймақтық деңгейде далалық жерге орналастыруды тиімдендірудің негізгі жолдары анықталған.

УДК 504.03:911.3.001

АНАЛИЗ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А. Копытина

Эколого-экономическая обстановка в Атырауской области формируется под влиянием природных и антропогенных факторов, важнейшие из которых – подъем уровня Каспийского моря и бурное развитие нефтегазового комплекса. Наращивание добычи нефти и газа влияет на интенсивность процессов загрязнения тяжелыми металлами, нефтепродуктами и радионуклидами всех компонентов природной среды – атмосферы, поверхностных и грунтовых вод, почвенного и растительного покрова.

Атырауская область имеет особое значение для Казахстана, поскольку здесь сосредоточены запасы нефти и газа и вкладываются значительные инвестиции в освоение углеводородных ресурсов, а также учитывая роль Каспийского моря для развития всех стран данного региона. Нерациональное освоение ресурсов Каспия, являющегося одним из крупнейших внутренних водоемов, может повлечь полную деградацию аквальных и прибрежных экосистем, а в результате привести к необратимым последствиям, учитывая опыт Приаралья.

Приоритетными направлениями развития экономики Атырауской области являются топливно-энергетическая, обрабатывающая, агропромышленная и рыбная отрасли, производство строительных материалов. В структуре промышленного производства самый высокий удельный вес занимает добыча сырой нефти и попутного газа, перегонка нефти, производство и распределение электроэнергии.

Атырауская область занимает особое место среди регионов и зон ухудшения экологического состояния Казахстана. Экологическая ситуация здесь формируется под влиянием природных и антропогенных факторов, важнейшими из которых являются подъем уровня Каспийского моря и бурное развитие нефтегазового комплекса [1]. Колебания уровня моря и нагонные явления вызывают в окружающей среде ряд негативных экологических процессов, влияющих на качество почвенного, растительного покрова, воздуха и др. Имеется угроза возникновения техногенных землетрясений [6].

Затопление и подтопление хозяйственных объектов (населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, оросительных систем, нефтепромыслов, дорог, линий электропередачи и очистных сооружений) приводит к дополнительному загрязнению поверхностных и подземных вод токсичными веществами и нефтепродуктами, ухудшению условий питьевого водоснабжения [4].

Экологические проблемы, отрицательно влияющие на состояние окружающей среды Атырауской области, обусловлены, в определенной мере, недостаточностью проводимых природоохранных мероприятий на протяжении многих лет. В том числе: неполное соблюдение повседневных санитарно-эпидемиологических требований; недостаточный учет экологической нагрузки при масштабном освоении углеводородного сырья в регионе; отсроченность ликвидации исторических загрязнений.

Наращивание добычи нефти и газа, высокая агрессивность извлекаемого сырья, влияют на интенсивность процессов загрязнения атмосферы, поверхностных и грунтовых вод, а через них – почвенного и растительного покрова, что способствует накоплению тяжелых металлов, радионуклидов и нефтепродуктов. До 80...85 % загрязнений воздушного бассейна приходится на предприятия нефтегазодобывающей и нефтеперерабатывающей отраслей экономики.

В Атырауской области в процессе эксплуатации нефтепромыслов в атмосферу попадают твердые частицы, сернистый ангидрид, окись углерода, оксиды азота и углеводороды. Основными веществами, загрязняющими воздушный бассейн города Атырау, согласно данным РГП «Казгидромет» в 3 квартале 2009 года были: взвешенные примеси ($0,8 \text{ мг/м}^3$), оксид углерода ($0,95 \text{ мг/м}^3$) и диоксид азота ($0,04 \text{ мг/м}^3$). По сравнению с 3 кварталом 2007 и 2008 года наблюдается тенденция к увеличению количества примесей в атмосферном воздухе. Значение индекса загрязнения атмосферы (ИЗА₃) изменилось с 3 квартала 2008 года по 3 квартал 2009 года для взвешенных примесей с 3,29 до 5,36, для оксида углерода – с 0,25 до 0,38, для диоксида азота – с 0,9 до 1,11. ИЗА₅ для города Атырау за тот же период увеличился с 4,7 до 7,1 (таблица) [2]. Подобная тенденция наблюдается с 3 квартала 2007 года, когда значения ИЗА в г. Атырау составило 4,3 и далее повышалось от года к году. Это свидетельствует о сохранении неблагоприятной экологической ситуации. Территориальное управление охраны окружающей среды связывает это с деятельностью предприятий нефтегазового комплекса на фоне местных природных особенностей. Данный факт указывает на боль-

шую актуальность разработки эколого-экономических и правовых программ по улучшению экологического состояния воздушного бассейна.

Таблица

Примесь	ИЗА	
	3 квартал 2008 г.	3 квартал 2009 г.
Взвешенные вещества	3,29	5,36
Диоксид серы	0,07	0,09
Оксид углерода	0,25	0,38
Диоксид азота	0,9	1,11
Аммиак	0,15	0,19
ИЗА ₅	4,7	7,1

По наблюдениям за состоянием атмосферного воздуха в трех контрольных точках на 5 месторождениях Атырауской области (Жанбай, Забурунье, Доссор, Макат, Косшагыл), максимальные концентрации взвешенных веществ не превышают ПДК. А для диоксида серы, оксида углерода, диоксида азота, аммиака и сероводорода изменяются в пределах 1,0...3,8 ПДК.

Весьма значимым источником загрязнения воздушного бассейна стал автотранспорт. Например, в воздухе города Атырау содержится много загрязняющих примесей, не встречающихся в сельской местности. При ночном радиационном выхолаживании улиц и строений, особенно в центре города, верхний слой воздуха оказывается теплее, что свидетельствует о возникновении температурной инверсии. При инверсии образуется куполообразная мутная пелена над городом, самая плотная – над центром [1].

Основные факторы пространственного рассеивания техногенных выбросов – погодные условия, в том числе направление и скорость ветра, температура воздуха, осадки, относительная влажность воздуха и др. Газо-пылевые выбросы, осаждающиеся на поверхности почвы, прочно фиксируются в верхнем горизонте.

Ежегодное проведение превентивных мер способствует удерживанию расширения площади земель, подвергающихся загрязнению нефтью и буровыми растворами. В почвах всех месторождений валовые формы тяжелых металлов (кадмия, ртути, меди, кобальта, селена, сурьмы, свинца) не превышают предельно допустимой концентрации (ПДК). На период первого полугодия 2008 года в городе Атырау в пробах почв содержание свинца и меди составляло от 0,7 до 3,0 ПДК, а кадмия, хрома и цинка – от 0,2 до 1,1 ПДК. На расстоянии 2 км к северо-северо-западу от Атырауского нефтеперерабатывающего завода содержание свинца в почвенной пробе достигло 3,0 ПДК, меди – 1,7 ПДК [3].

Техногенные выбросы в атмосферу пыли, дыма, аэрозолей, способствуют накоплению в почвах тяжелых металлов, а затем и в растениях. Это правомерно для меди, цинка, кобальта, свинца, кадмия. Предпринимаемые меры позволили сократить их поступление, о чем свидетельствует содержание тяжелых металлов в кормах, (исключая никель), характеризуемое значением ниже максимально-допустимого уровня (МДУ). Высокой поглощающей способностью обладают галофиты, особенно сочные солянковыи растения.

В Казахстане практикуется захоронение отходов бурения, представляющих собой полужидкую массу и твердый осадок, непосредственно в шламовых амбарах на территории буровой после предварительного высыхания их содержимого. Такая технология захоронения не предотвращает загрязнения природной среды, так как содержащиеся в отходах загрязнители вследствие подвижности и высокой проникающей способности мигрируют в почвогрунты [5].

В значительной мере нарушение почвенного покрова связано с неупорядоченным движением автотранспорта при разведке и освоении нефтегазовых месторождений, строительством линий связи и передачи электроэнергии, различными строительными работами, отчуждением земельных участков под складирование промышленных и бытовых отходов, разработкой карьеров.

Предприятия нефтегазодобывающей и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности, кроме всего прочего, становятся доминирующими источниками трансформации биоты, особенно при разведке и эксплуатации нефтяных и газовых скважин (действующие агенты – сточные буровые воды и шламы, выбросы из скважин, горюче-смазочные материалы и др.), сборе и транспортировке нефти по магистральным трубопроводам; подготовке нефти к переработке; при внутривидовой переработке нефти и хранении нефтепродуктов [1]. Эта проблема особенно острая в Северном Прикаспии. Кроме отмеченных источников, воздействующих на животный мир и флору рассматриваемой территории, следует указать на такие хозяйственные мероприятия, как увеличение объемов перевозок сырой нефти и нефтепродуктов танкерами, сопровождающиеся периодически авариями и распространением нефтяных пятен на поверхности воды. В большей мере это характерно при авариях нефтеналивных судов [1].

Загрязнение прибрежной полосы нефтью и нефтепродуктами, ядовитыми газами является причиной гибели планктона, многих видов морской флоры и фауны. Отмечены случаи массовой гибели водоплавающих птиц и тюленей.

Ряд исследователей указывает на ухудшение связи санитарно-эпидемиологической обстановки и здоровья местного населения [7].

Комплексным индикатором экологического неблагополучия является развитие фронтального умеренного опустынивания на побережье Каспийского моря, крупные очаги сильного и очень сильного локального опустынивания в районах нефтепромыслов [1].

Дестабилизации экологической обстановки в Атырауской области, в определенной мере, способствует неблагоприятная ситуация на прилегающих территориях.

Таким образом, эколого-экономическая обстановка на территории Атырауской области характеризуется ярко выраженным неблагополучием в результате техногенного воздействия, которое приводит к изменению качества атмосферного воздуха, режима поверхностных и подземных вод, трансформации ландшафтов, формированию геохимических и тепловых аномалий. Ухудшение экологической обстановки в Атырауской области неразрывно связано с хозяйственным освоением территории, в частности развитием и эксплуатации нефтегазового комплекса, обеспечением ускоренного экономического развития. Устойчивое развитие Атырауской области возможно только при повышении эффективности природопользования на основе учета всех природных и экологических особенностей рассматриваемой территории. Для сохранения экосистемной значимости Каспийского моря как уникального средоточия и одновременно важного объекта разнообразных ресурсов, необходимо урегулировать вопросы ведения промысла, определить принципы распределения биоресурсов между прикаспийскими государствами, порядок экспорта рыбной продукции, организовать проведение совместных научных исследований и дать научное обоснование квоты на вылов осетровых рыб. Непродуманная эксплуатация морских биологических ресурсов, рыболовство и браконьерство, загрязнение моря, добыча нефти и газа на шельфе, загрязнение и другие воздействия на экосистемы рек, впадающих в море, стали основными угрозами для Каспийского моря. Пути к смягчению и предотвращению угроз состоят в коренной реформе рыбопромышленного производства, создании национальной сети особо охраняемых морских природных территорий, проведении экологической оценки предлагаемых проектов по добыче нефти и газа на шельфе до начала осуществления этих проектов. Необходимы усилия по сохранению морских животных, находящихся под угрозой исчезновения.

Поскольку Каспийское море является общим достоянием прикаспийских государств, все они должны нести коллективную ответственность за ущерб, причиненный природной среде Каспия, а также увеличивающуюся опасность разрушения его экологии и исчезновения уникальных биоресурсов, и принимать меры по недопущению опасных, в экологическом отношении,

действий в условиях чрезвычайной активности геодинамики в этом регионе. Необходима разработка экономико-правового механизма регулирования противоречивых интересов прибрежных природопользователей [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грановский Э.И. Проблемы устойчивого развития г. Атырау и Атырауского региона: Аналитический обзор. – Алматы: КазгосИНТИ, 2003. – 27 с.
2. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Казахской части Каспийского моря. Вып. 3 (20) (3 квартал 2009 года). – Астана, 2009. – 19 с.
3. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. Вып. 1 (16) (1 полугодие 2008 года). – Алматы, 2008. – 56 с.
4. Казмирук В.Д. Современные гидроэкологические проблемы дельты Волги и Северного Каспия. 4-й Междун. конгресс «Вода: экология и технология», ЭКАВТЭК. – 2000, 84 с.
5. Кудайкулова Г.А., Земцева М.Б. Полигоны захоронения отходов бурения – самый доступный метод их ликвидации. // Промышленность Казахстана. – 2003. – № 3 (18). С. 60-63.
6. Проблемы экологии в Казахстане. // Саяхат. –2002. – № 7. – С. 4-5
7. Токмагамбетова Р.Ю., Маканова А.У., Крылова В.С. Влияние санитарно-эпидемиологической обстановки на здоровье населения Атырауской области // Поиск. – 2010. – №2.

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

АТЫРАУ ОБЛЫСЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ-ЭКОНОМИЯЛЫҚ ОРТАСЫ ТАЛДАУ

М.А. Копытина

Атырау облысының экологиялық-экономикалық ортасы табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен, олардың ішінде маңызды болып табылатын, Каспий теңізі деңгейінің көтерілуі мен мұнай-газ кешенінің өте қарқынды дамуынан қалыптасады. Мұнай мен газ өндіруді өсіру ауыр металдармен, мұнайөнімдерімен және табиғи орта – атмосфераның, жер беті және грунттық сулардың, топырақ және өсімдік жамылғысының барлық компоненттерінің радионуклидтармен ластану үрдістерінің қарқындылығына әсер етеді.

УДК 551.510.42

**О СОСТОЯНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН В 4 КВАРТАЛЕ 2009 ГОДА**

П.К. Шингисова

Г.Н. Баспакова

Информация о состоянии окружающей среды подготовлена по результатам работ, проведенных на наблюдательной сети национальной гидрометеорологической службы Республики Казахстан.

Состояние воздушного бассейна

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха выполняются в наиболее крупных городах и промышленных центрах республики. Перечень подлежащих контролю загрязняющих веществ установлен с учетом объема и состава выбросов в атмосферу. Основными критериями качества воздуха являются значения предельно допустимых концентраций (**ПДК**) загрязняющих веществ в воздухе населенных мест [1, 5]. Уровень загрязнения атмосферы оценивается по величине комплексного индекса загрязнения атмосферы (**ИЗА**), который рассчитывается по пяти веществам с наибольшими нормированными на **ПДК** значениями с учетом их класса опасности [4].

В 4 квартал 2009 г. наблюдения за состоянием атмосферного воздуха проводились на 55 стационарных постах наблюдений (ПНЗ) в 22 населенных пунктах республики: Актау (1), Актобе (3), Алматы (5), Астане (4), Атырау (2), Балхаше (3), Жезказгане (2), Караганде (4), Кокшетау (1), Костанайе (2), Кызылорде (1), Риддере (2), Павлодаре (2), Петропавловске (2), Семейе (2), Талдыкоргане (1), Таразе (4), Темиртау (3), Усть-Каменогорске (5), Шымкенте (4), Экибастузе (1) и пос. Глубокое (1).

По данным наблюдений в 4 квартале 2009 г. наибольший уровень загрязнения воздуха наблюдается в г. Алматы ($ИЗА_5 = 12,7$). К загрязненным городам ($ИЗА_5 \geq 7$) отнесено 7 городов (Алматы, Шымкент, Усть-Каменогорск, Актобе, Темиртау, Тараз, Караганда) (табл.1).

В 9 городах отмечены средние концентрации диоксида азота в пределах 1,1...2,7 ПДК (наибольшая средняя в пос. Глубокое), в 7 городах взвешенных веществ (пыль) – в пределах 1,1...2,9 ПДК (наибольшая сред-

няя в г. Астана), в 6 городах концентрации формальдегида в пределах 1,3...4,0 ПДК (наибольшая средняя в г. Актобе и в г. Алматы), в 5 городах концентрации фенола в пределах 1,3...3,0 ПДК (наибольшая средняя в г. Темиртау), в 3 городах концентрации диоксида серы в пределах 1,6...1,9 ПДК (наибольшая максимальная в г. Кызылорде).

Таблица 1

Сведения о степени загрязнения атмосферного воздуха

Примесь	Число городов	Кратность превышения ПДК средней концентраций		Число городов, где концентрации превышали ПДК	
		из средних	из максимальных	средние	максимальные
Взвешенные вещества	22	1,0	2,1	7	13
Диоксид серы	21	0,5	0,6	3	2
Оксид углерода	21	0,4	1,7	1	11
Диоксид азота	21	1,2	2,4	9	19
Оксид азота	4	0,3	0,3	0	0
Аммиак	4	1,0	1,0	2	2
Сероводород	5	0,0	2,5	0	3
Фтористый водород	3	0,4	2,1	0	3
Серная кислота	2	0,2	0,1	0	0
Фенол	10	1,3	2,0	5	8
Формальдегид	7	2,6	1,3	6	3
Хлор	2	0,1	0,1	0	0
Хлористый водород	2	0,5	1,4	0	2

Средняя концентрация аммиака в г. Темиртау составила 1,7 ПДК, в г. Актау – 1,1 ПДК, оксида углерода в г. Алматы – 1,4 ПДК.

Разовые концентрации **диоксида азота** выше ПДК наблюдались в 19 городах в пределах 1,1...8,1 ПДК (наибольшая максимальная в г. Астане), в 13 городах концентрации **взвешенных веществ** в пределах 1,2...11,6 ПДК (наибольшая максимальная в г. Астане), в 11 городах концентрации **оксида углерода** в пределах 1,2...5,0 ПДК (наибольшая максимальная в г. Алматы), в 8 городах концентрации **фенола** в пределах 1,2...4,4 ПДК (наибольшая максимальная в г. Темиртау), в 3 городах концентрации **формальдегида** в пределах 1,4...3,4 ПДК (наибольшая максимальная в г. Актобе), **фтористого водорода** в пределах 1,4...3,5 ПДК (наибольшая максимальная в г. Астане) и **сероводорода** в пределах 1,3...6,1 ПДК (наибольшая максимальная в г. Темиртау).

Разовая концентрация **диоксида серы** в г. Балхаше составила 8,6 ПДК, в г. Усть-Каменогорске – 1,1 ПДК, **аммиака** в г. Темиртау –

2,2 ПДК, в г. Шымкенте – 1,1 ПДК, **хлористого водорода** в г. Павлодаре и в г. Усть-Каменогорске превышала 1 ПДК.

В 4 квартале зарегистрирован один случай высокого загрязнения атмосферного воздуха в г. Астана – разовая концентрация взвешенных веществ превышала допустимую норму в 11,6 раза.

В 4 квартале 2009 г. в сравнении с 4 кварталом 2008 г. в городах Караганда, Костанай, Кызылорда, Риддер, Семей, Тараз, Усть-Каменогорск, Экибастуз и пос. Глубокое уровень загрязнения атмосферного воздуха значительно не изменился, в г. Атырау и в г. Павлодаре – возрос, в городах Актау, Актобе, Алматы, Астана, Балхаш, Жезказган, Петропавловск, Темиртау и Шымкент – снизился (табл. 2).

Таблица 2

Приоритетный список городов Республики Казахстан по уровню загрязнения атмосферного воздуха

Пункт	ИЗА ₅		Отрасль промышленности
	4 кв. 2008 г.	4 кв. 2009 г.	
Алматы	13,6	12,7	автотранспорт, энергетика
Шымкент	11,0	9,4	цветная металлургия, химическая, нефтеперерабатывающая
Актобе	9,4	8,2	черная металлургия, химическая
Темиртау	10,0	7,8	черная металлургия, химическая
Караганда	7,6	7,8	энергетика, угледобывающая, автотранспорт
Усть-Каменогорск	8,4	7,6	цветная металлургия, энергетика
Тараз	7,7	7,4	химическая
Риддер	7,6	6,9	цветная металлургия, энергетика
Жезказган	7,3	6,3	цветная металлургия, энергетика
пос. Глубокое	4,5	5,3	цветная металлургия
Астана	7,1	4,5	энергетика, автотранспорт
Атырау	3,0	4,5	нефтеперерабатывающая
Костанай	3,3	3,7	энергетика
Кызылорда	4,3	3,6	энергетика
Петропавловск	4,3	3,4	энергетика, приборостроение
Актау	4,5	3,1	химическая
Семей	5,0	3,1	энергетика, строительных материалов
Павлодар	1,5	2,9	нефтеперерабатывающая, энергетика
Балхаш	3,9	2,5	цветная металлургия, энергетика
Талдыкорган*		1,7	энергетика
Экибастуз	1,2	0,7	энергетика, угледобывающая
Кокшетау		0,7	энергетика

Пункт	ИЗА ₅		Отрасль промышленности
	4 кв. 2008 г.	4 кв. 2009 г.	
Средний ИЗА	6,26	5,17	

*Примечание:** в г. Талдыкорган комплексный ИЗА рассчитан по 2 примесям.

Качество поверхностных вод

Сеть наблюдений за качеством поверхностных вод суши включает действующие гидропосты национальной гидрометеорологической службы. Основными критериями качества вод по гидрохимическим показателям являются значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для водоемов рыбохозяйственного водопользования [3].

Уровень загрязнения поверхностных вод суши оценивается по величине комплексного индекса загрязненности воды (ИЗВ), который используется для сравнения и выявления динамики изменения качества вод [2].

Данные мониторинга загрязнения поверхностных вод приведены по бассейнам рек: Иртыш (Восточно-Казахстанская и Павлодарская области), Урал и Эмба (Актюбинская, Западно-Казахстанская и Атырауская области), Ишим (Акмолинская и Северо-Казахстанская области), Нура (Акмолинская и Карагандинская области), Тобол (Костанайская область), Талас, Шу (Жамбылская область), Сырдарья (Южно-Казахстанская и Кызылординская области), Или (Алматинская область) и оз. Балхаш.

Всего из общего количества обследованных водных объектов к «чистым» отнесено 15 рек, 2 водохранилища, 1 озеро и 1 канал, к «умеренно загрязненным» – 33 реки, 6 водохранилищ, 4 озера и 2 канала. К классу «загрязненные» принадлежат 5 рек, 2 водохранилища и 2 озера: реки – Брекса, Глубочанка (ВКО), Карабалта (Жамбылская), Келес, Сырдарья (ЮКО), водохранилища – Кенгирское (Карагандинская), Шардаринское (ЮКО), озера – Улькен Шабакты, Султанкельды (Акмолинская). К классу «грязных» относятся реки Тихая, Ульба (ВКО) и оз. Шалкар (ЗКО). Состояние качества воды р. Илек (Актюбинская) и оз. Бийликоль (Жамбылская) характеризуются как «очень грязные», реки Красноярка (ВКО), Кара-Кенгир и Шерубайнура (Карагандинская) – как «чрезвычайно грязные» (табл. 3).

В перечне основных загрязняющих веществ, превышающих значения ПДК, присутствуют 16 ингредиентов, из которых наиболее распространёнными являются медь, сульфаты, БПК₅, железо общее, фенолы, азот нитритный, нефтепродукты, хлориды и цинк⁽²⁺⁾ (табл. 4).

В 4 квартале 2009 года наблюдалось 2 случая экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) поверхностных вод р. Красноярка (ВКО) по цинку⁽²⁺⁾. Высокое загрязнение (ВЗ) поверхностных вод на территории Казахстана было отмечено в 56 случаях на 11 водных объектах:

- реках Брекса (2 случая ВЗ), Тихая (4 случая ВЗ), Ульба (8 случаев ВЗ), Глубочанка (3 случая ВЗ), Красноярка (2 случая ВЗ) (ВКО);
- р. Илек (17 случаев ВЗ) (Актюбинская);
- реках Кара-Кенгир (4 случая ВЗ), Нура (7 случаев ВЗ), Шерубайнура (5 случаев ВЗ), (Карагандинская);
- оз. Бийликоль (3 случая ВЗ) (Жамбылская);
- р. Сары-Булак (1 случай ВЗ) (Акмолинская).

В 4 квартале 2009 года в сравнении с 4 кварталом 2008 года отмечаются следующие изменения качества поверхностных вод.

Бассейн р. Иртыш (Павлодарская и Восточно-Казахстанская области). Качество воды рек Иртыш (ВКО и Павлодарская), Кара Иртыш, Бухтарма, Брекса и Красноярка (ВКО) существенно не изменилось, в реках Тихая, Ульба, Глубочанка и Уба (ВКО) – ухудшилось.

Бассейн рек Урал, Эмба и устьевая часть р. Волга (Атырауская, Западно-Казахстанская и Актюбинская области). Качество воды р. Урал на территории Атырауской области существенно не изменилось, в пределах Западно-Казахстанской области – ухудшилось. Загрязненность поверхностных вод рек Кигач и пр. Шароновка (Атырауская), Чаган, Деркул и кан. Кушум (ЗКО) осталось на прежнем уровне, в р. Илек (Актюбинская) и оз. Шалкар (ЗКО) – возросла.

Бассейн р. Тобол (Костанайская область). Качество воды рек Тобол, Аят, Тогызак существенно не изменилось, в вдхр Каратомарское – ухудшилось.

Бассейн р. Ишим (Акмолинская и Северо-Казахстанская области). Качество воды р. Ишим на территории Акмолинской области существенно не изменилось, в пределах Северо-Казахстанской области – ухудшилось. Качество воды рек Ак-Булак, Сары-Булак, Бетгыбулак, Жабай, озер Копя, Улькен Шабакты, Шортан, вдхр Вячеславское и кан. Нура-Есиль (Акмолинская) существенно не изменилось, а оз. Бурабай (Акмолинская) – улучшилось, вдхр Сергеевское (СКО) – ухудшилось.

Бассейн р. Нура (Карагандинская и Акмолинская области). Качество воды рек Нура (Акмолинская и Карагандинская), Кара-Кенгир, водохранилищ Кенгирское, Самаркандское и кан. Иртыш-Караганда (Карагандинская) существенно не изменилось, в р. Шерубайнура (Карагандинская) – ухудшилось.

Состояние загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям за 4 квартал 2009 года

Класс и характеристика качества воды по величине комплексного индекса загрязненности воды (КИЗВ)					
II класс, «чистая», ИЗВ 0,31...1,0	III класс, «умеренно загрязненная», ИЗВ 1,01...2,5	IV класс, «загрязненная», ИЗВ 2,51...4,0	V класс, «грязная», ИЗВ 4,01...6,0	VI класс, «очень грязная», ИЗВ 6,01...10,0	VII класс, «чрезвычайно грязная», ИЗВ более 10,1
<p>Реки: Урал (Атырауская), Кигач, Шароновка, Беттыбулак, Катта-Бугунь, Или, Коргас, Кара-Иртыш (ВКО), Иртыш, Бухтарма, Беркара; Шилик, Шарын, Есентай, Улькен Алматы</p> <p>Вдхр: Вячеславское, Капшагай</p> <p>Озеро: Бурабай</p> <p>Канал: Кушум</p>	<p>Реки: Деркул, Жабай, Ишим, Ак-Булак, Нура, Тобол, Аят, Тогызак, Текес, Баянкол, Каскелен, Турген, Киши Алматы, Талас, Шу, Асса, Аксу, Сырдарья, Бадам, Оба, Урал (ЗКО), Чаган, Утва, Илек (ЗКО), Малый Узень, Большой Узень, Орь, Эмба, Сары-Булак, Каркара, Есик, Токташ, Бугунь</p> <p>Вдхр: Бартогай, Куртинское, Самаркандское, Ташуткульское, Каратомарское, Сергеевское,</p> <p>Озера: Копа, Шортан, Балхаш, Улькен Алматы, Каналы: Иртыш-Караганда, Нура-Есиль</p>	<p>Реки: Брекса, Глубочанка, Карабалта, Келес, Сырдарья (ЮКО)</p> <p>Вдхр: Кенгирское, Шардаринское</p> <p>Озера: Улькен Шабакты, Султанкельды</p>	<p>Реки: Тихая, Ульби</p> <p>Озеро: Шалкар</p>	<p>Река: Илек (Актюбинская)</p>	<p>Реки: Красноярка, Кара-Кенгир, Шерубайнура</p>

Таблица 4

Перечень основных загрязняющих компонентов в поверхностных водах за 4 квартал 2009 г.

Ингредиент	Пределы ПДК	Кол-во объектов	Водоем
Медь	1,1...34,0	52	реки Иртыш, Брекса, Тихая, Ульби, Глубочанка, Красноярка, Оба, Тобол, Тогызак, Ишим (СКО), Сары-Булак, Жабай, Нура, Кара-Кенгир, Шерубайнура, Или, Текес, Турген, Шарын, Шилик, Коргас, Баянкол, Каскелен, Каркара, Есик, Киши Алматы, Есентай, Улькен Алматы, Талас, Шу, Асса, Аксу, Беркара, Карабалта, Токташ, Келес, Бадам, Сырдарья; водохранилища Каратомарское, Сергеевское, Кенгирское, Самаркандское, Капшагай, Кургинское, Бартогай, Ташуткельское, Шардаринское; озера Балхаш, Улькен Алматы, Бийликоль; каналы Нура-Есиль, Иртыш-Караганда
Сульфаты	1,2...10,7	38	реки Урал (ЗКО), Чаган, Деркул, Малый Узень, Большой Узень, Утва, Илек (ЗКО), Орь, Эмба, Тобол, Аят, Тогызак, Ишим, Ак-Булак, Сары-Булак, Жабай, Нура, Кара-Кенгир, Шерубайнура, Аксу, Карабалта, Токташ, Келес, Бадам, Сырдарья; водохранилища Каратомарское, Сергеевское, Кенгирское, Самаркандское, Шардаринское; озера Шалкар, Копа, Улькен Шабакты, Султанкельды, Бийликоль; каналы Кушум, Нура-Есиль, Иртыш-Караганда
БПК ₅	1,6-22,8	17	реки Кара Иртыш, Чаган, Деркул, Малый Узень, Утва, Илек, Нура (Акмолинская), Кара-Кенгир, Шерубайнура, Шу, Аксу, Карабалта, Токташ; вдхр Ташуткельское; озера Копа, Бийликоль; кан. Нура-Есиль
Железо общее	1,1...3,8	16	реки Бухтарма, Брекса, Тихая, Ульба, Оба, Урал (ЗКО), Чаган, Деркул, Или, Текес, Шарын, Каскелен, Есик, Улькен Алматы, Сырдарья (Кызылординская), вдхр Сергеевское
Фенол	1,1...6,0	13	реки Чаган, Деркул, Малый Узень, Большой Узень, Утва, Нура (Карагандинская), Шу, Келес, Бадам, Сырдарья (ЮКО); водохранилища Кенгирское, Самаркандское, Шардаринское

Магний	1,1...3,9	13	реки Утва, Орь, Эмба, Ишим (Акмолинская), Ак-Булак, Нура (Акмолинская), Сырдарья (Кызылординская); вдхр Куртинское; озера Шалкар, Копа, Улькен Шабакты, Султанкельды; кан. Нура-Есиль
Азот нитритный	1,1...53,8	12	реки Урал (ЗКО), Чаган, Деркул, Орь, Сары-Булак, Нура (Карагандинская), Кара-Кенгир, Шерубайнура, Шу; вдхр Куртинское; оз. Шалкар; кан. Иртыш-Караганда
Фториды	1,2...13,9	12	реки Орь, Ак-Булак, Беттыбулак, Есик, Каскелен, Киши Алматы; вдхр Куртинское, озера Бурабай, Улькен Шабакты, Шортан, Султанкельды, Бийликоль
Нефтепродукты	1,2...13,6	9	реки Кара-Кенгир, Аксу, Карабалта, Токташ, водохранилища Кенгирское, Самаркандское, Ташуткельское; оз. Балхаш; кан. Иртыш-Караганда
Цинк ⁽²⁺⁾	1,6...66,1	7	реки Брекса, Тихая, Ульби, Глубочанка, Красноярка, Шерубайнура, вдхр Сергеевское
Хлориды	1,1...15,0	7	реки Малый Узень, Большой Узень, Утва, Илек (ЗКО), Ак-Булак, озера Шалкар, Султанкельды
Марганец	1,2...5,4	6	реки Брекса, Тихая, Ульби, Глубочанка, Красноярка, Улькен Алматы
Железо ⁽²⁺⁾	2,0...8,0	6	реки Келес, Бадам, Бугунь, Катта-Бугунь, Сырдарья (ЮКО), вдхр Шардаринское
Аммоний солевой	1,2...8,7	3	реки Красноярка, Сары-Булак, Шерубайнура
Хром ⁽⁶⁺⁾	1,1...3,8	2	реки Урал (ЗКО), Илек (Актюбинская)
Бор	35,3	1	р. Илек (Актюбинская)

Озеро Балхаш (Карагандинская область). Уровень загрязненности поверхностных вод не изменился.

Бассейн р. Или (Алматинская область). Качество воды рек Текес, Турген, Баянкол, Каркара, Есик, Каскелен, водохранилищ Куртинское, Бартогай и оз. Улькен Алматы осталось на прежнем уровне, в реках Или, Коргас, Шилик, Шарын, Киши Алматы, Есентай, Улькен Алматы и вдхр Капшагай – улучшилось.

Бассейн рек Талас и Шу (Жамбылская область). Загрязненность рек Талас, Шу, Асса, Аксу, Беркара, Карабалта и вдхр Ташуткельское значительно не изменилась, в оз. Бийликоль – возрасла.

Бассейн р. Сырдарья (Кызылординская и Южно-Казахстанская области). Качество воды рек Сырдарья (Кызылординская и ЮКО), Келес, Бадам, Катта-Бугунь и вдхр Шардаринское (ЮКО) существенно не изменилось, а в р. Бугунь – ухудшилось.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГН 2.1.6.696-98. РК 3.02.037.99. Гигиенические нормативы. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – М.: Минздрав России, 1998. – С. 70-201.
2. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. Госком по гидрометеорологии. – М.: 1988. – 10 с.
3. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – Роскомрыболовство, 1993.
4. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Госком по гидрометеорологии. Минздрав. – М., 1991. – С. 383-425.
5. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы: «Санитарно-эпидемиологические требования к атмосферному воздуху», 18.08.2004 г., №629, 175 с.
6. СанПиН 3.02.003-04. Санитарно-эпидемиологические требования по охране поверхностных вод от загрязнения. – Алматы: Министерство здравоохранения РК, 2004.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҚОРШАҒАН ОРТАСЫНЫҢ 2009 ЖЫЛДЫҢ ТӨРТІНШІ ТОҚСАНЫДАҒЫ ЛАСТАНУ ЖАҒДАЙЫ

П.К. Шингисова

Г.Н. Баспакова

Қоршаған ортаның ластануы туралы ақпарат "Казгидромет" РМК ұлттық гидрометеорологиялық қызметтің бақылау орындарында қоршаған ортаның экологиялық мониторингін жүргізу жөніндегі арнаулы бөлімшелерінің негізінде дайындалды.

УДК 551.524.34(574)

О РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ МЕТОДОВ И ВНЕДРЕНИЕ ИХ В ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАЗГИДРОМЕТА

Канд. техн. наук С.П. Шиварёва

В 2007 г. в структуре Казгидромета создан научный Департамент. Департамент работает по Программам 006 и 008, выполняя научное сопровождение гидрометеорологического и экологического мониторинга в Казахстане. Техническое задание по Программе 006 включает 4 важных аспекта: наблюдения на государственной сети, методические разработки, выпуск прогнозов и составление режимной и справочной продукции. Из 4 видов деятельности по программе 006 Департамент работает по трем направлениям, исключая наблюдения на государственной сети.

В области методических разработок мы направили свои усилия на решение наиболее приоритетных и новых задач Казгидромета. Это, прежде всего, прогнозирование уровня Каспийского моря, разработка численных долгосрочных прогнозов погоды, которые наиболее востребованные и менее всего оправдываемые, оценка водных ресурсов Казахстана и др.

Для прогнозирования уровня Каспийского моря был разработан автоматизированный метод прогноза, включая сгонно-нагонные явления. Для улучшения качества прогнозов метод в последнее время был усовершенствован тем, что в него вводятся элементы водного баланса и поля ледовых явлений. Кроме того, в мае 2009 г. открыт ftp-канал для получения напрямую численных прогнозов давления, скорости и направления ветра с шагом сетки 0,25° из Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (Великобритания). Управление гидрометеорологических исследований Каспийского моря использует метод в оперативных прогнозах, это позволяет разработчикам метода постоянно совершенствовать систему прогнозирования. Оправдываемость прогнозов в 2009 г. достигала 90...96 %.

Разработан аналитический метод оценки ледовой обстановки на Каспийском море. Метод основан на анализе космических снимков и сведений о состоянии льда на морских станциях. Используются веб-сайты России, проекта «MODIS» и информация, ежедневно получаемая со спутников системы NOAA. Метод используется для составления в зимний период еженедельных обзоров ледовой обстановки на Каспийском море.

Проведены методические работы по исследованию гидрометеорологического режима в районе портов Каспийского моря – Актау и Баутино.

С 2008 г. начаты методические разработки по сценарным прогнозам изменения климата Казахстана на основе моделей регионального климата. Выбраны две модели: RegCM3 – модель, разработанная Международным институтом теоретической физики (Италия), находящаяся в свободном доступе, и система моделирования регионального климата PRECIS (Providing Regional Climates for Impact Studies), разработанная в Центре Гадлея Метеорологического бюро Великобритании. Модель RegCM3, предназначена для получения прогнозов на месяц, сезон и год.

В настоящее время выполняется компиляция региональной модели PRECIS, предназначенной для получения сценарных прогнозов изменения климата. Организовано безопасное внешнее соединение компьютера с локальной сетью Метеобюро Великобритании, что позволяет сотрудникам Метеобюро настраивать модель PRECIS через удаленный доступ.

В перспективе планируется развитие численных методов прогнозирования на основе региональных моделей в трех направлениях: кратко- и среднесрочное прогнозирование; прогнозирование на сезон и месяц; прогнозирование климатических изменений.

Создана автоматизированная система для прогноза индекса ультрафиолетовой радиации (УФ), позволяющая в оперативном режиме рассчитывать значения УФ для 18 городов Казахстана (Петропавловск, Кокшетау, Костанай, Павлодар, Уральск, Астана, Семей, Усть-Каменогорск, Актобе, Караганда, Жезказган, Аральск, Кызылорда, Атырау, Актау, Алматы, Шымкент, Тараз) и 3-х курортных зон (Ак-Булак, Медео, Шымбулак) с заблаговременностью 9 дней. Индекс считается для условий отсутствия облачности, а так же для слабой, умеренной и повышенной облачности. Система используется в оперативных прогнозах.

Усовершенствована ранее разработанная концептуальная математическая модель формирования стока для горных и равнинных рек. Модель включает описание отдельных элементарных воднобалансовых процессов (формирования снегозапасов и поступления воды на поверхность бассейна, изменения влагозапасов, промерзания и оттаивания почвогрунтов, суммарного испарения, поверхностного, почвенно-грунтового и грунтового стокообразования, формирования притока к русловой сети и гидрографа стока в замыкающем створе), т.е. состоит из нескольких частных моделей. Усовершенствование касается описания отдельных элементар-

ных воднобалансовых процессов. Модель позволяет прогнозировать сток горных и равнинных рек с большой заблаговременностью. Она использовалась для разработки метода прогноза притока воды в крупнейшие водохранилища Казахстана: Бухтарминское, Шульбинское, Капшагайское, для разработки метода прогноза объёма притока весеннего половодья в Вячеславское водохранилище на р. Есиль, для разработки метода прогноза стока рек Оба и Ульби, а также для оценки возможной уязвимости водных ресурсов Казахстана вследствие антропогенных изменений климата. Разработанные методы переданы в Гидрометцентр для составления оперативных прогнозов.

Разработан метод расчёта годового водного баланса оз. Балкаш. Разработана методика по регулированию сброса воды из Шардаринского водохранилища в русло р. Сырдарья. Усовершенствована математическая модель расчёта уровня и минерализации оз. Балкаш. Модель используется для вероятностного прогноза уровня и минерализации на ближайшую перспективу.

Разработан метод предварительной оценки многолетних водных ресурсов на перспективу с учётом изменения климата. Определение годовых и многолетних ресурсов поверхностных вод является заключительным этапом мониторинга речного стока Республики Казахстан (РК).

Разработана методика оценки влияния деградации горного оледенения на ресурсы поверхностных вод оз. Балкаш на ближайшую и более отдалённую перспективу.

Начиная с 2007 г., при поддержке Комитета по водным ресурсам, разрабатываются методы оценки ежегодных ресурсов поверхностных вод РК. Работа ведётся по 8 водохозяйственным районам. С 2010 г. планируется начать оперативный выпуск ежегодного издания «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВОДНЫЙ КАДАСТР» – Ресурсы поверхностных вод, их использование и качество.

Разработан метод возможной оценки водопотребления стока для трансграничных рек Сырдарья, Или, Кара Иртыш, Тобол, Урал, по которому рассчитывается поступление речного стока на территорию РК по трансграничным рекам.

В 2009 г. в состав департамента входило Управление методического сопровождения экологического мониторинга. Специалисты управления сделали сравнительные расчёты по трём методикам по оценке качества поверхностных вод:

1. Методические рекомендации по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям (Госкомгидромет СССР, Москва, 1988);
2. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод гидрохимическим показателям, разработанным Гидрохимическим институтом Росгидромета (РД 52.24.643-2002);
3. Комплексная оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям (Алматы: Гылым, 2007).

Отмечены их основные достоинства и недостатки, проведен сравнительный анализ и выработаны рекомендации по внедрению в систему Казгидромета.

Управление выполняло ряд пунктов по Программе 008. К ним относились: «Проведение наблюдений за состоянием окружающей среды на территории бассейна озера Балкаш»; «Ведение мониторинга состояния окружающей среды Щучинско-Боровской курортной зоны (ЩБКЗ)»; «Состояние качества воды трансграничных рек»; проведение экспедиционных работ в бассейне р. Сырдарья в Южно-Казахстанской и Кызылординской областях. Информация, по перечисленным пунктам, формировалась в электронном виде, обрабатывалась и анализировалась с последующим представлением материалов для подготовки к выпуску ежеквартальных и годовых информационных бюллетеней. Кроме того, Управление выполняло научно-исследовательские работы в составе 52 и 54-ой Российских Антарктических экспедиций. В 2009 г. проводился сравнительный спектральный анализ льда, доставленного из Антарктиды и льда ледников Заилейского Алатау в лаборатории Института ядерной физики.

Группой по изучению селей и оползневых явлений разработана методология сверхдолгосрочного прогнозирования селевой активности в условиях изменяющегося климата. Методология использована для прогноза селевой активности на северном склоне Илейского Алатау. Прогноз опубликован в монографии «Природа селей Заилейского Алатау». Создана модель формирования уравнильной поверхности, образующейся при заполнении селехранилища селевой массой, позволяющая определить степень защиты нижерасположенных объектов от селей. В 2009 г. разрабатывался метод прогноза водоледяных селей для северного склона Илейского Алатау на основе математической модели формирования водолеяного селя. Проведен анализ синоптических ситуаций в зимнем сезоне 2008...2009 гг. В селеопасных зимних сезонах 2008...2009 гг. осуществ-

лялся мониторинг метеорологической и ледовой обстановки с целью отладки методики прогноза водолеяных селей и прогноза селей. В конце 2010 г. будет разработан метод сверхкраткосрочного прогноза катастрофических селей дождевого генезиса. В селеопасном сезоне 2009 года осуществлялся мониторинг метеорологической и гидрологической обстановки с целью отладки метода прогноза селей дождевого генезиса.

Департамент выполняет три темы в рамках Программы № 003 МООС «Научные исследования в области охраны окружающей среды». В 2010 г. будет представлен окончательный результат исследований.

По теме «Исследование и прогнозирование засух в Казахстане» в соответствии с Технической спецификацией выполнен комплексный анализ повторяемости засух на территории Северного Казахстана с помощью различных метеорологических и агрометеорологических индексов засух.

По теме «Снижение технологического загрязнения экосистем озера Балкаш от природопользователей Северного ПриБалкашья» собраны и проанализированы данные о концентрациях основных элементов-загрязнителей на объектах природопользования и их влияние на состояние окружающей среды. Во время экспедиционных выездов произведен отбор проб воды, донных отложений и почвы в особо опасных районах Северного ПриБалкашья. Выделены объекты для проведения рекультивационных работ в пределах Джамбульской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областей: отвалы вскрышных пород, золошлаковые отвалы, хвостовые отвалы металла, шлама и клинкера, хвостовые отвалы различных тонкодисперстных шлаков.

По теме «Разработка инженерно-технических мероприятий по предотвращению образования селевых и оползневых явлений в горно-предгорной зоне Заилийского Алатау» осуществлен сбор и анализ информации о процессах формирования селей дождевого генезиса в высокогорной зоне и оползневых явлений в низкогорной зоне. Проведены полевые наблюдения за процессами в стартовых зонах селей дождевого генезиса в высокогорной зоне Заилийского Алатау. Обработаны результаты полевых наблюдений. Сделан вывод о том, что наибольшую угрозу г. Алматы будут представлять сели, зарождающиеся в стартовых зонах, расположенных в зоне современного оледенения.

В рамках Программы 006 Департаментом выпускается следующая режимная и справочная информация:

- Ежегодный водный баланс озера Балкаш.

- Каталог сгонно-нагонных и ледовых явлений на Каспийском море.
- Обзоры космических снимков поверхности Каспийского моря.
- Справки-консультации о гидрологическом режиме Каспийского моря.
- Ежемесячная оценка качества поступающей гидрометеорологической информации по Каспийскому морю и замечания по качеству.
- Аналитические справки для использования при рассмотрении стратегически важных вопросов в МООСе и Совете Безопасности:
 - а) сокращение стока в верхней части бассейна реки Ертис в пределах КНР и его влияние на использование ресурсов поверхностных вод;
 - б) сокращение стока в верхней части бассейна р. Иле (КНР) и влияние водопотребления на изменение уровня оз. Балкаш и оценке возможной деградации его экологической системы.
- Обзоры опасных гидрометеорологических явлений и ледовой обстановки на Каспийском море.
- Ежеквартальный научно-технический журнал «Гидрометеорология и экология».
- Каталог по селепроявлениям в горных районах Казахстана.
- Концепция защиты от селей населённых пунктов, расположенных на северном склоне Илейского Алатау.
- Концепция развития НГМС Казахстана.
- Предложения по реформированию селевой службы.
- Концепция развития гидрологической службы.
- Оценка влияния деградации горного оледенения на ресурсы поверхностных вод бассейна оз. Балкаш.
- Оценка современного состояния многолетних водных ресурсов Республики Казахстан.
- Оценка наблюдаемых и ожидаемых изменений климата и их последствий, исходя из данных мониторинга и результатов научных исследований.
- Оценка уязвимости водных ресурсов вследствие возможного антропогенного изменения климата.
- Оценка риска гляциального селя, который может образоваться в результате катастрофического опорожнения озера №6 на леднике Маншук Маметовой.

Департамент активно участвует в международной деятельности Казгидромета. Управление гидрометеорологических исследований Каспийско-

го моря (УГМИКМ) ведёт международное сотрудничество по Каспийскому региону. В частности, в соответствии с Межгосударственными соглашениями с Российской Федерацией, Туркменистаном, Азербайджаном получает, расшифровывает и систематизирует информацию с российских, туркменских и азербайджанских пунктов наблюдений. В соответствии с Программой оперативно-производственного и научно-технического сотрудничества Росгидромета и Казгидромета ежегодно передаётся в Государственный океанографический институт информация для расчета водного баланса Каспийского моря. Ежедневно в Гидрометцентр России по электронной почте отправляется бюллетень по казахстанской части Каспийского моря. Ежемесячно рассчитывается и передается в Гидрометцентр России среднемесячный уровень по станции Форт-Шевченко, получая взамен прогностический и фактический средний фоновый уровень моря, воднобалансовые характеристики. В соответствии с Планами работ, принимаемыми на сессиях КАСПКОМ, готовятся информационные материалы по морским постам, расположенным на казахстанском побережье для подготовки печатного справочного пособия (таблицы и гидрометеорологический обзор) и материалы для подготовки Генерального каталога уровней Каспийского моря. Начиная с 2006 г. РГП «Казгидромет» является членом Международной организации по обмену океанографическими данными и информацией (IODE) в качестве казахстанского Национального Центра Океанографических Данных, функцию которого выполняет УГМИКМ.

В рамках казахстанско-китайской совместной комиссии по использованию и охране трансграничных рек учёные гидрологи и экологи Департамента участвуют в работе комиссии по выработке основных направлений технических работ по вододелению, использованию и охране трансграничных с КНР рек.

По заданию МООН в рамках ПРООН специалистами Управления климатологических исследований (УКИ) выполнена оценка современного изменения климата Казахстана за период 1936...2005 гг., включая изменения в экстремумах температуры воздуха и осадков (впервые для территории Казахстана). Оценка современного изменения климата выполнена совместно со специалистами отдела климата Департамента метеорологии. Разработаны сценарии изменения климата Казахстана на перспективу до 2100 г. Сценарии изменения климата получены с помощью программного комплекса MAGICC/SCENGEN (упрощенная модель климата для генери-

рования сценариев изменения климата). Материалы составили самостоятельный раздел Второго национального сообщения РК.

Начиная с 2009 г., начато международное сотрудничество с Метеобюро Великобритании, в результате которого в УМИ устанавливается система численного прогнозирования PRECIS, разработанная и применяемая в Метеобюро. Это даст возможность обеспечить потребителей (хозяйствующие субъекты и органы государственного управления) информацией о потенциальном пространственно-временном распределении изменений климатических переменных, что позволит своевременно применять адаптационные меры, тем самым, снижая экономические, социальные и экологические риски, либо увеличивая выгоды, связанные с воздействием изменения климата.

В планах Департамента подготовить монографии по результатам научных разработок: гидрологическое моделирование речного стока, гидродинамические процессы Каспийского моря, ожидаемое изменение климата в Казахстане.

РГП «Казгидромет», г. Алматы