

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Т.К. Кудеков, канд. геол.-мин. наук

## ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Н.И. Ивкина, канд. геогр. наук; О.Е. Семенов, канд. физ.-мат. наук

### *Ответственный секретарь*

Т.П. Строева

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

М.Ж. Бурлибаев, доктор техн. наук; В.В. Голубцов, канд. геогр. наук;  
С.А. Долгих, канд. геогр. наук; Ж.Д. Достай, доктор геогр. наук;  
В.И. Ли, канд. техн. наук; Е.Ф. Морозова, канд. геогр. наук;  
Е.Ж. Муртазин, канд. геол.-мин. наук; О.В. Подольный, доктор геогр. наук;  
В.П. Попова, канд. геогр. наук; Д.С. Садыков, доктор геол.-мин. наук;  
Б.С. Степанов, доктор геогр. наук; А.А. Турсунов, доктор техн. наук;  
С.П. Шиварева, канд. техн. наук; Г.Т. Сулейменова;  
О.С. Галаева, компьютерная сборка.

## ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

### № 1 (36)

©

Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство № 1538

Министерства печати РК.

Подписной индекс 75855.

---

*Адрес редакции:* 050022, Алматы,  
пр. Абая, д. 32, к. 420  
*Телефон:* (3272) 54-22-63; 54-22-64  
*E-mail:* caspian\_almaty@mail.ru  
general@kniimosk.almaty.kz

---

Подписано в печать

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

Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

Цена договорная.

---

Общественное объединение «Школа XXI века».

480100, г. Алматы, ул. Валиханова, д. 115

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

<b>Г.К. Сембина</b> Численное моделирование повторного загрязнения атмосферы промышленных городов. ....	7
<b>В.Г. Сальников, Е.А. Гармашева</b> Климатические особенности температурного режима весной на юге Казахстана. ....	17
<b>Г.К. Турулина, И.С. Холодкова</b> Статистические характеристики месячного количества осадков в зимний период на севере Казахстана. ....	27
<b>И.И. Скоцеляс, В.И. Ли, В.П. Попова</b> К вопросу исследования поверхностных вод гидрометслужбой Казахстана. ....	35
<b>О.С. Игнатенко</b> Связь Северо-Атлантического колебания и средней месячной температуры воздуха в Казахстане. ....	42
<b>В.Г. Сальников, А.С. Койлюбаева</b> Климатические особенности атмосферной засухливости Северного Казахстана. ....	50
<b>Е.В. Боголюбова, С.З. Сайдуллаев</b> Режим ветра на территории Северного Казахстана. ....	60
<b>С.К. Давлетгалиев, С.Р. Жанпеисова</b> Оценка влияния забора воды на территории КНР на режим работы Бухтарминского водохранилища. ....	67
<b>А.Г. Чигринец, К.К. Дускаев</b> Роль малых рек в решении проблемы водообеспечения г. Алматы. ....	76
<b>А.К. Заурбек, Г.С. Сарсекеева</b> Водный баланс природоохранных попусков р. Шу. ....	88
<b>А.М. Бажиева</b> Восстановление стока реки Шу. ....	94
<b>С.И. Куц</b> Рекреационная экологически нормативная нагрузка на водные объекты. ....	103
<b>Б. Тасболат</b> Высокогорные моренно-ледниковые озера как источники возникновения селевого риска. ....	110

<b>Б. Тасболат</b>	
Методы оценки селевого риска. ....	122
<b>Б.С. Степанов, Р.К. Яфязова</b>	
Определения возраста форм рельефа северного склона Заилийского Алатау комплексным методом. ....	129
<b>С.В. Викторов</b>	
Переработка фосфоросодержащих шламов с извлечением фосфора.	139
<b>Г.Т. Трунков, М.А. Шинтемиров</b>	
Особенности напряженно-деформированного состояния массивов хвостохранилищ при организации на них карьеров. ....	147
<b>Ш.К. Торпищев, М. А. Шинтемиров</b>	
Проблемы экологии и экономики многотоннажных отвальных шламов глиноземного производства. ....	154
<b>К.Ш. Фаизов, А.С. Топалова</b>	
Техногенез и проблемы загрязнения и очистки нефтезагрязненных почв Западного Казахстана. ....	164
<b>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ</b>	
<b>Е.Б. Жумартов, А.К. Аль-Шибли</b>	
Электрореагентная коагуляция шерстомойных сточных вод. ....	169
<b>А.Т. Құсайынов</b>	
Арал аймағын әлеуметтік-экономика тұрғысынаң қарастыру. ....	173
<b>ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ</b>	
<b>Е.Ж. Муртазин, Н.У. Бултеков</b>	
О состоянии загрязнения окружающей среды Республики Казахстан в 4-ом квартале 2004 года. ....	178
<b>ХРОНИКА</b>	
К 70-летию С.К. Давлетгалиева	203

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

<b>G.K. Sembina</b> Numerical modeling of repeat air contamination of the industrial regions. ....	7
<b>V.G. Sal'nikov, E.A. Garmasheva</b> Climatic properties of a spring temperature regime in the South Kazakhstan. ....	17
<b>G.K. Turulina, I.S. KHolodkova</b> Statistic characteristics of the monthly amount precipitation in winter time in the Northern Kazakhstan. ....	27
<b>I.I. Skotselyas, V.I. Lee, V.P. Popova</b> For matter of surface water research by Kazakhstan Hydrometeorological Service. ....	35
<b>O.S. Ignatenko</b> Relationship between North-Atlantic Oscillation and monthly mean air temperature in Kazakhstan. ....	42
<b>V.G. Sal'nikov, A.S. Kojlyubaeva</b> Climatic qualities of the Northern Kazakhstan atmospheric aridity. ...	50
<b>E.V. Bogolyubova, S.Z. Sajdullaev</b> Wind regime in the Northern Kazakhstan area. ....	60
<b>S.K. Davletgaliev, S.R. Zhanpeisova</b> Impact assessment of water abstraction in the Chinese People's Republic territory over the Bukhtarma reservoir operating regime. ....	67
<b>A.G. Chigrinets, K.K. Duskaev</b> Role of the small rivers in the problem decision of the Almaty water assurance. ....	76
<b>A.K Zaurbek, G.S. Sarsekeeva</b> Water balance of the Shu River environmental pass. ....	88
<b>A.M. Bazhieva</b> Restoration of the Shu River runoff. ....	94
<b>S.I. Kutc</b> Recreational ecological proof load to the water objects. ....	103
<b>B. Tasbolat</b> The high-mountain moraine – glacial lakes as the sources of mudflow risk emergence. ....	110

<b>B. Tasbolat</b>	
Estimation methods of a mudflow risk. ....	122
<b>B.S. Stepanov, R.K. Yafyazova</b>	
Estimation age of the Zailiysky Alatau mountain northern slope relief forms by a complex method. ....	129
<b>S.V. Viktorov</b>	
Processing of the phosphor slimes with extraction of phosphorus. ....	139
<b>G.T. Trunkov, M.A. SHintemirov</b>	
Deflected mode features of the tailing dumps' solids at the organization borrows on them. ....	147
<b>SH.K. Torpishchev, M.A. SHintemirov</b>	
The ecology and economy problems of the large-tonnage dump slimes of aluminous trade. ....	154
<b>K.SH. Fayizov, A.S. Topalova</b>	
Technogenesis and the pollution and restoration problems of the Western Kazakhstan petropolluted soils. ....	164
<b>BRIEF REPORTS</b>	
<b>E.B. ZHumartov, A.K. Al'-SHibly</b>	
Electroreagent coagulation of the wool scouring waste. ....	169
<b>A.T. Kussainov</b>	
Study of the Aral sea-side socio-economic development. ....	173
<b>REVIEWS AND CONSULTATIONS</b>	
<b>E.ZH. Murtazin, N.U. Bultekov</b>	
About septic condition of the Republic of Kazakhstan environment pollution in the fourth quarter 2004. ....	178
<b>CHRONICLE</b>	
<b>S.K. Davletgaliev (70<sup>th</sup> Birth Anniversary)</b>	203

УДК 504.37.05

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВТОРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
АТМОСФЕРЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ**

Г.К. Сембина

*В работе рассматривается перенос и диффузия газовых примесей, и их химическая трансформация в областях с повышенной антропогенной нагрузкой, характерной для атмосферы крупных промышленных районов. В качестве примера приводится моделирование городского фотохимического смога.*

Проблема взаимодействия человеческого общества с природной средой в последние десятилетия вызывает все более возрастающий интерес, а задача борьбы с загрязнением атмосферы и водной среды выдвигается в настоящее время на первый план. Интенсивное развитие промышленности и связанный с этим процессом рост промышленных выбросов, загрязняющих окружающую среду, становятся ощутимыми в экологическом балансе многих индустриальных районов. Это обусловлено тем, что именно в крупных городах расположены промышленные комплексы, «выбрасывающие» в атмосферу большое количество газообразных и твердых отходов производства.

Попадающие в воздух примеси загрязняющих веществ в значительной мере подвергаются физическим и химическим преобразованиям в атмосфере. Эти процессы идут параллельно их распространению по пространству. Очень часто токсичные примеси, испытав частичное или полное химическое превращение, выпадают в осадок, изменив, таким образом, свое агрегатное состояние. Это приводит к отрицательным последствиям, так как даже малоопасные для окружающей среды вещества в атмосфере превращаются в агрессивные, вредные для биосферы соединения, которые могут седиментировать на поверхность земли. Вредные последствия могут быть получены и из-за часто следующих за химическими реакциями атмосферных изменений агрегатного состояния (изменения фазы). Быстро выпадающие в осадок пылевые загрязнения обычно попадают в воздух, где частично преобразуются в соединения, способные к конденсации. В процессе конденсации при изменении фазы возникают мелкие

капли или твердые частицы (аэрозоль), которые, как известно, влияют на баланс излучения, а также на формирование облаков и туманов.

Рассмотрение случая интенсивного загрязнения воздуха показывает, что часть их относится к периодам продолжительных туманов. Вредное воздействие дымовых и газовых примесей при туманах обнаруживается более остро, чем при других погодных условиях, усиливается неприятное ощущение, наличие примесей в туманах дополнительно ухудшает прозрачность атмосферы. Отмечается и обратный эффект, когда наличие дыма способствует конденсации атмосферной влаги. Выбросы промышленных производств и автотранспорта в городах создают условия для возникновения так называемых смоговых ситуаций, которые отрицательно влияют на природную среду. Особую роль при формировании смога играет солнечное излучение и атмосферная влага [7].

Существенный интерес представляет исследование влияния влаги на диффузию сернистого газа, относящегося к наиболее распространенным в атмосфере вредным примесям. Растворение сернистого газа в каплях водяного пара приводит к образованию аэрозоля сернистой кислоты. Последняя по сравнению с сернистым газом обладает большей токсичностью, при ее наличии в атмосфере существенно увеличивается заболеваемость населения. Кроме того, сернистый газ, растворенный в каплях тумана, значительно быстрее, чем сернистый газ в газообразном состоянии окисляется до серного ангидрида. Этот механизм появления серной кислоты в каплях тумана характерен для так называемых «сернокислотно-сульфатных» смогов некоторых промышленных районов. Сильное загрязнение воздушного бассейна может изменить радиационный режим, и тем самым повлиять на динамику атмосферных процессов в пограничном слое.

Атмосферные примеси представляют собой многокомпонентную среду, и различные ингредиенты взаимодействуют с атмосферой и между собой. В зависимости от конкретной физической задачи и преследуемых в ней целей можно использовать описание превращений веществ в различной степени детализации. В обобщенном виде этот опыт представлен в ряде работ [1, 7, 8, 11].

В настоящей работе рассматриваются способы описания трансформации токсикантов под влиянием фотохимических реакций и водяных капель туманов с помощью математических моделей.

Пусть имеется  $n$  газовых компонент примесей с концентрациями:

$$C_j = C_j(\vec{x}, t), \vec{x} = (x, y, z) \in R^3, j = 1, 2, \dots, n.$$

Обозначим через  $\vec{C}_j = \{C_j\}$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$  вектор, составленный из значений этих концентраций. Общим основанием для моделей качества воздуха является система адвективно-диффузионных уравнений:

$$\frac{\partial C_j}{\partial t} + \vec{u} \nabla C_j = \nabla (K \nabla C_j) + R_j + f_j, \quad (1)$$

где  $\vec{u} = (u, v, w)$  – вектор скорости ветра;  $K$  – тензор коэффициентов турбулентного обмена;  $R_j$  – член, учитывающий повторное загрязнение примесей;  $f_j = f_j(\vec{x}, t)$  – источниковый член.

Уравнение (1) будем решать в области

$$Q_t^n = \{Qx[t_i, t_{i+1}]\}, Q = \{|x| \leq X; |y| \leq Y; 0 \leq z \leq z_T\},$$

при следующих начальных и краевых условиях:

$$K_z \frac{\partial C_j}{\partial z} = (\omega_j - \beta_j) C_j = f_{s_j} \quad \text{при } z = z_0 \quad \text{над сушей}; \quad (2)$$

$$C_j = 0 \quad \text{при } z = z_0 \quad \text{над водой}; \quad (3)$$

$$K_z \frac{\partial C_j}{\partial z} = 0 \quad \text{при } z = z_T; \quad (4)$$

$$K_x \frac{\partial C_j}{\partial x} = 0 \quad \text{при } x = \pm X; \quad K_y \frac{\partial C_j}{\partial y} = 0 \quad \text{при } y = \pm Y; \quad (5)$$

$$C_j = C^0(\vec{x}) \quad \text{при } t = 0, \quad (6)$$

где  $z_0$  и  $z_0$  – параметры шероховатости над сушей и водой соответственно;  $f_{s_j}$  – наземные источники;  $\beta_j$  – коэффициент, характеризующий взаимодействие загрязняющих веществ с поверхностью;  $K = (K_x, K_y, K_z)$ ;  $\omega_j$  – скорость седиментации частиц.

Уравнение (1) с краевыми условиями (2) – (6) совместно реализуется моделью термогидродинамики локальных атмосферных процессов [7]. Следуя [1, 7, 10], будем рассматривать описание модели трансформации примесей и схему ее реализации.

В рамках общей схемы расщепления задачи (1) с краевыми условиями (2) – (6) процесс трансформации

$$\frac{\partial \vec{C}}{\partial t} + B \vec{C} = \vec{F}_C, \quad R_j = -B \vec{C} \quad (7)$$



реализуется на интервале времени  $[t_i, t_{i+1}]$  длиной  $\Delta t_i$  и оператор трансформации  $B$  имеет матричную структуру [1, 5]. Он определяет скорость изменения концентрации примесей вследствие трансформации. Химические реакции в общем случае нелинейны и элементы оператора  $B$  зависят не только от пространственных координат и времени, но и от самих концентраций примесей и от состояния гидрометеорологического режима атмосферы, в первую очередь, от температуры. Формально это можно записать следующим образом:

$$B(\vec{x}, t, \vec{c}, \theta) \equiv \{B_{ij}(\vec{x}, t, \vec{c}, \theta)\}, \quad i, j = \overline{1, n}, \quad (8)$$

где  $\theta$  – температура воздуха  $0 \leq t \leq T$ ;  $\vec{x} \in Q$ .

Обозначим через  $\Omega$  множество узлов сетки  $Q^h$  в области  $Q$ , на которой дискретизируется модель, и в зависимости от упорядочения узлов сетки ( $\vec{x}_\alpha \in Q^h$ ,  $\alpha \in \Omega$ ) упорядочим и векторы сеточных функций. Например, для вектора концентрации примесей в любой момент времени  $t = t_i$  имеем

$$\vec{C}^i = \{\vec{C}_\alpha^i \equiv \{C_j(\vec{x}_\alpha, t_i)\}, j = \overline{1, n}, \vec{x}_\alpha \in Q^h, \alpha \in \Omega\}. \quad (9)$$

Система (7) рассматривается в каждой точке трехмерной области  $\vec{x}_\alpha \in Q^h \subset R^3$  независимо от других точек, т.е.

$$\frac{\partial \vec{C}_\alpha}{\partial t} + B_\alpha(\vec{C}, \theta) \vec{C}_\alpha = \vec{F}, \quad \alpha \in \Omega, \quad (10)$$

при начальных условиях

$$\vec{C}_\alpha \Big|_{t=t_i} = \vec{C}^i(\vec{x}_\alpha), \quad (11)$$

где  $\vec{C}^i(\vec{x}_\alpha)$ ,  $\alpha \in \Omega$  получено на предыдущем этапе процесса расщепления системы;  $\vec{F} = F_j$ ,  $j = \overline{1, n}$  – источники примесей.

Отметим, что модель химической трансформации (10) – (11) используется независимо от этапа переноса и диффузии при фиксированных условиях в отдельных точках области  $Q^h$ , для обработки методических вопросов кинетического анализа и выбора оптимальной схемы реакций.

Опишем кратко схему алгоритма вычислительного процесса. Пусть необходимо решать систему  $n$  нелинейных алгебраических уравнений с  $n$  неизвестными [6]:

$$\xi_j(\vec{C}, \theta) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (12)$$

где  $\xi_j(\vec{C}, \theta)$  – функциональное выражение неявной по времени аппроксимации задачи (10) – (11) в точке  $x_\alpha \in Q^h$ ,  $\alpha \in \Omega$  для загрязняющих веществ с индексом  $j$ .

Для решения системы (12) составим выпуклый функционал

$$I(\vec{C}) = \sum_{j=1}^n \xi_j^2(\vec{C}, \theta), \quad (13)$$

для которого отыскивается минимальное значение. Теперь необходимо найти такой вектор  $\vec{C}$  из допустимого решения, который бы доставил минимум функционалу (13), т.е. на котором  $I(\vec{C})$  достигает своего наименьшего значения:

$$\inf_{\vec{C}} (I(\vec{C})) = I(\vec{C}^*) \equiv I^*. \quad (14)$$

Оптимум функционала (13) находится с помощью метода проекции субградиента [3], который для данной задачи быстро сходится.

Предположим, что в атмосферу промышленного центра выбрасываются антропогенные газовые компоненты:  $SO_2$  (диоксид серы),  $NO_2$  (диоксид азота),  $CO$  (монооксид углерода),  $O_3$  (озон),  $NO$  (оксид азота). Некоторые из этих газов, например,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ , селективно поглощая солнечные лучи в ультрафиолетовом диапазоне, переходят в электронно-возбужденное состояние, что способствует протеканию быстрых фотохимических превращений [4].

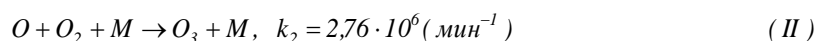
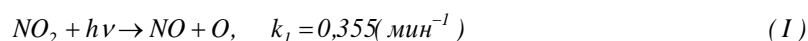
В результате возникает ряд новых химически активных атомов, свободных радикалов и других веществ, которые имеют вид:

$$\{NO, NO_2, SO_2, O(^1D), O(^3D), CO, HNO_3, CHO, OH, NO_3\}. \quad (15)$$

В этом случае вектор  $\vec{C}$  состоит из концентрации элементов (15), заданных в узлах сеточной области  $Q^h$ . В соответствии с последовательностью (15):

$$\vec{C} = \{C_1 = [NO], C_2 = [NO_2], \dots\}. \quad (16)$$

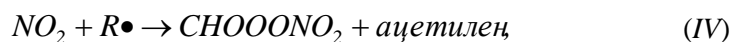
Заметим, одна из этих реакций приводит к образованию озона  $O_3$ . Она происходит при фотохимическом расщеплении двуокиси азота, которая в свою очередь получается в результате высокотемпературных процессов, идущих, например, в двигателях автомобилей:



где  $h$  – постоянная Планка;  $\nu$  – частота излучения;  $h\nu$  – солнечные кванты;  $M$  – катализатор реакций;  $k_i$  – константы реакций млн<sup>-1</sup>·мин<sup>-1</sup>.

Эта реакция представлена в виде цепи последовательных взаимодействий. Озон, в высшей степени активный газ, участвует и в других реакциях, приводящих к образованию фотохимического смога. В этих реакциях обычно принимает участие большое количество атмосферных примесей, в частности такие продукты сжигания, как CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>. Водяной пар, содержащийся в воздухе, и вода, выделяющаяся при сжигании углеводорода, тоже вступают в реакцию, ведущую к созданию смога (через образования радикала OH).

Одним из основных конечных продуктов реакции с участием диоксида азота (NO<sub>2</sub>) и различных радикалов является пероксиацетилнитрат (ПАН).



ПАН является раздражающим газом со слезоточивым действием, при смоге он раздражает глаза [5, 11]. Для примера моделируем процесс образования фотохимического смога с помощью цепочки химических реакций, приведенных в [10], которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав реакции фотохимического смога

Номер	Реакция	Константы реакций, млн <sup>-1</sup> мин <sup>-1</sup>
1	$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$	0,355 (мин <sup>-1</sup> )
2	$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$	$2,76 \cdot 10^6$ (мин <sup>-1</sup> )
3	$O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$	21,8
4	$O_3 + NO_2 \xrightarrow{NO_2} 2HNO_3$	$6 \cdot 10^{-3}$
5	$NO + NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_2$	$2,5 \cdot 10^{-3}$
6	$HNO_2 + h\nu \rightarrow NO + OH\bullet$	$5 \cdot 10^{-3}$ (мин <sup>-1</sup> )
7	$CO + OH\bullet \xrightarrow{O_2} CO_2 + HO_2\bullet$	200
8	$HO_2\bullet + NO_2 \rightarrow HNO_2 + O_2$	10
9	$HC + O \rightarrow \alpha RO_2\bullet$	$3,1 \cdot 10^4$ ( $\alpha = 5$ )
10	$HC + O_3 \rightarrow \beta RO_2\bullet + \gamma RCHO$	$1,7 \cdot 10^{-2}$ ( $\beta = 1,9$ )

Номер	Реакция	Константы реакций, млн <sup>-1</sup> мин <sup>-1</sup>
11	$HC + OH \rightarrow \delta RO_2 \bullet + \varepsilon RCHO$	$1 \cdot 10^4$ ( $\delta = 0,2$ ; $\varepsilon = 0,22$ )
12	$RO_2 \bullet + NO \rightarrow NO_2 + \theta OH$	$1,8 \cdot 10^3$
13	$RO_2 \bullet + NO_2 \rightarrow \text{продукт реакции}$	10
14	$HO_2 \bullet + NO \rightarrow NO_2 + OH \bullet$	$1,8 \cdot 10^3$

Взаимодействие примесей с поверхностью земли параметризуется по способу, описанному в [2] с учетом их гравитационного оседания и поверхностных источников при следующих значениях входных параметров:  $X = Y = 60$  км;  $Z_T = 2000$  м;  $\Delta Z_i = a$  ( $\kappa_i + b$ );  $C_p = 0,24$  кал/град;  $L_w = 536$  кал/г;  $\lambda = 0,035$  м/(с<sup>2</sup>·град);  $\kappa_x = \kappa_y = 700$  м<sup>2</sup>/с;  $U_\phi = 4$  м/с;  $V_\phi = 0$ ;  $\beta_{c,i} = 0,5$  м/с;  $\Delta t = 600$  с;  $T_F = T_S = 283,15$  К;  $\rho_w = 1,3$  г/см<sup>3</sup>;  $[N_2] = 2 \cdot 10^{19}$  част/см<sup>3</sup>;  $\Delta x = \Delta y = 2000$  м;  $[O_2] = 4,8 \cdot 10^{18}$  част/см<sup>3</sup>;  $[H_2] = 2,6 \cdot 10^{13}$  част/см<sup>3</sup>. Источник предполагается одиночным, точечным, непрерывно действующим и расположенным в центральной части города. Высота источника  $z = 130$  м. Выбрасываемые из источника примеси равномерно распределены в одной элементарной ячейке дискретной области. В каждом кубическом сантиметре этой элементарной области за одну секунду находятся следующие значения концентрации газовых компонент SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, NO

$$[C_j, j = \overline{1,4}] \equiv [1,2 \cdot 10^{10}; 1,4 \cdot 10^{12}; 1,6 \cdot 10^{12}; 1,3 \cdot 10^{14}],$$

где  $C_j$  [част/(см<sup>3</sup>·с)]. Распределения фоновых концентраций в атмосфере указаны в табл. 2.

Таблица 2

Концентрации примесей, характерные для фоновой атмосферы и интенсивности антропогенного источника

Примесь	Химическая формула	Фон, част/см <sup>3</sup>	Выброс антропогенным источником 0,1 частиц/(см <sup>3</sup> ·мин)
Моноксид углерода	CO	$3 \cdot 10^{12}$	$1,4 \cdot 10^{12} - 1,7 \cdot 10^{13}$
Диоксид углерода	CO <sub>2</sub>	$4,2 \cdot 10^{15}$	—
Оксид азота	NO	$3,1 \cdot 10^8$	$1,8 \cdot 10^7 - 1,8 \cdot 10^{13}$
Диоксид азота	NO <sub>2</sub>	$2,8 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^7 - 10 \cdot 10^{13}$
Диоксид серы	SO <sub>2</sub>	$1,9 \cdot 10^9$	$4,2 \cdot 10^{11}$

В результате химических и фотохимических реакций получается концентрация следующих реагентов:  $[OH]$ ,  $[HO_2]$ ,  $[HNO_2]$ ,  $[HNO_3]$ ,  $[CO_2]$ , которые присутствуют в фотохимическом смоге.

Коэффициенты пересчета концентраций в приземно-пограничном слое даются соотношением [1, 7]:

$$1 \text{ ppm} = 2,46 \cdot 10^{13} \text{ част} / \text{см}^3 = 4,2 \cdot 10^{-2} \cdot M_g \text{ мг} / \text{м}^3,$$

где  $M_g$  – молекулярный вес.

На рис. 1 приведено изменение выбросов над источником в течение дня. Хотя источник работает с постоянной скоростью, нелинейность в накоплении  $CO$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $HNO_2$  вызвана фотохимическими реакциями с участием этих частиц. Из рисунка видно, что около источника получается квазистационарный режим с небольшими отклонениями, обусловленными пространственно-временными изменениями микроклиматических характеристик промышленного района.

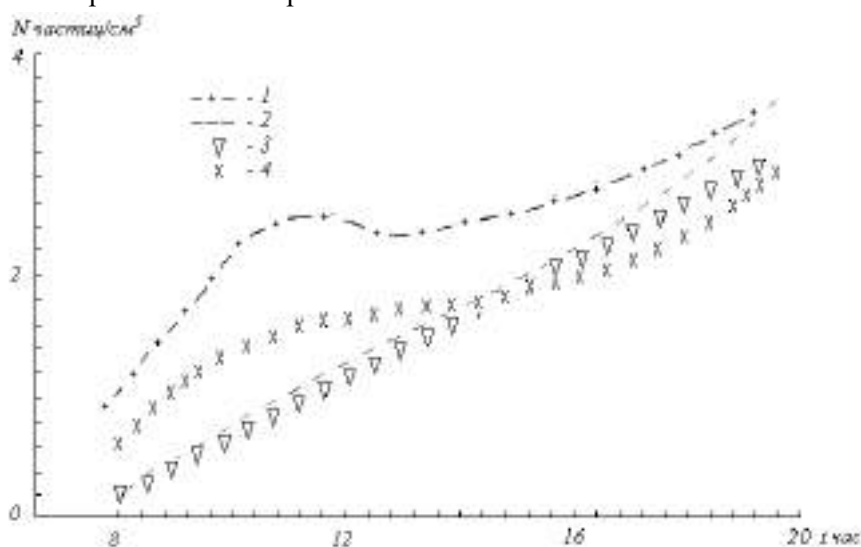
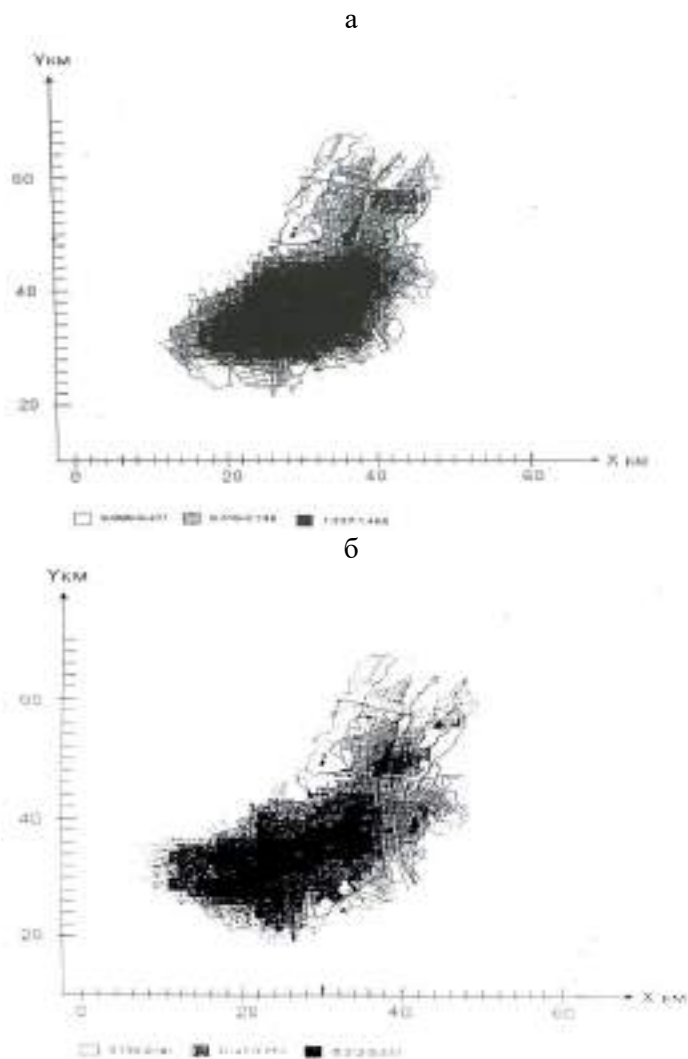


Рис. 1. Изменение концентрации  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$  во времени:

1 –  $[NO] \times 10^{-13}$ ; 2 –  $[NO_2] \times 10^{-13}$ ; 3 –  $CO \times 10^{-4}$ ; 4 –  $CO_2 \times 10^{-15}$ .

Рис. 2 (а, б) иллюстрирует поле нормированной концентрации  $CO$  в момент времени  $t = 9$  час и  $t = 13$  час в плоскости  $(x, y)$  при  $z = 100$  м. Градации загрязнения показаны внизу (числовые значения).



*Рис. 2. Распределение концентрации СО. а – в момент времени  $t = 9$  час, б – в момент времени  $t = 13$  час.*

В заключение можно отметить, что уровень повторного загрязнения существенно неодинаков как в течение суток, так и при разных уровнях антропогенной нагрузки. Такой анализ позволяет выявить наиболее неблагоприятные ситуации, приводящие к сильному фотохимическому смогу над промышленным районом. Учет токсичности всех компонентов и эффектов суммирования позволяет обоснованно выделить наиболее неблагоприятные экологические ситуации. Выводы, полученные в рамках расчета фотохимической трансформации загрязняющих токсикантов, можно совместить с расче-

том этого блока в гидродинамической модели локальных атмосферных процессов, учитывающей и микроклимат в промышленном районе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алоян А.Е., Бажин Н.М., Пененко В.В., Скубневская Г.И. Численное моделирование фотохимического окисления метана в атмосфере промышленных районов. Препринт. 772, Новосибирск, 1987. – 35 с.
2. Бакирбаев Б., Данаев Н.Т. Математическое моделирование процессов изменения климата под влиянием естественных и антропогенных факторов. – Алматы: «Қазақ университеті». – 2002. – 326 с.
3. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1988. – 540 с.
4. Кондратьев В.Н. Константы скорости газофазных реакций. М.: Наука, 1970. – 350 с.
5. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 319 с.
6. Ортега Дж., Рейнболдт В. Итерационные методы решения нелинейных систем уравнений со многими неизвестными. – М.: Мир, 1985. – 480 с.
7. Пененко В.В., Алоян А.Е., Бажин Н.М., Скубневская Г.И. Численная модель гидрометеорологического режима и загрязнения промышленных районов // Метеорология и гидрология. – 1984, №4. – С. 5-15.
8. Скубневская Г.И., Бажин Н.М. Фотохимические реакции в атмосфере с участием двуокиси серы // Метеорология и гидрология. – 1982, №9. – С. 113-121.
9. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1974. – 223 с.
10. Lamb R.G., Seinfeld J.H. Mathematical modeling of urban air pollution // Environ. Sci. Technol., 1973. N7. P.253-261
11. Zabel F. Niki H. FTIR spectroscopic study of the gas – phase reactions of OH with H<sub>2</sub>CO // Chem.. Phys. Lett. – 1985. V.5, N1. – P. 1-8

Таразский Государственный университет им. М.Х. Дулати

#### **ӨНЕРКӘСІПТІК АУДАНДАРДЫҢ АТМОСФЕРАСЫНДАҒЫ ЛАС ЗАТТАРДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРУІНІҢ САҢДЫҚ ҮЛГІСІ**

Г.К. Сембина

*Бұл жұмыста ірі өнеркәсіптік аудандарға тән жоғары антропогенді деңгейлі аумақтардың газдық қоспаларының тасымалдануы мен диффузиялары және олардың химиялық*

*өзгеруі қарастырылады. Мысал ретінде қалалық фотохимиялық ысты математикалық үлгілеу қарастырылады.*



УДК 551.509.33

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВЕСНОЙ НА ЮГЕ КАЗАХСТАНА**

Канд. геогр. наук

В.Г. Сальников

Е.А. Гармашева

*Рассмотрены климатические особенности температурного режима весной на юге Казахстана. Показано, что на всех метеостанциях (М) в апреле месяце прослеживается тенденция к увеличению температуры, на М Балхаш незначительное увеличение температуры наблюдается и в мае. Май и март месяцы на других станциях характеризуются уменьшением температуры. Составлен календарь экстремально теплых и экстремально холодных весенних месяцев по изучаемой территории.*

В настоящее время антропогенная деятельность является не менее важным фактором, влияющим на климат, чем естественные его колебания. Существенные изменения климата могут произойти в ближайшие несколько десятков лет и охватят они, прежде всего, Северное полушарие. Если и дальше не ограничивать выбросы парниковых газов, то климатические перемены заявят о себе повышением среднегодовой температуры на 1,5...4,5 °С при каждом удвоении концентрации двуокиси углерода в атмосфере. Так, прогнозирование климатических изменений на основе компьютерного моделирования показывает значительную вероятность повышения средней глобальной температуры, если сохранится нынешняя скорость поступления парниковых газов в атмосферу, а также изменения в режиме круговорота воды и глобальной циркуляции атмосферы. При этом эксперты Межправительственной группы экспертов по проблемам изменения климата (IPCC) указывают на значительное число неопределённостей, присутствующих в расчётах изменения климата. Потепление, скорее всего, будет усиливаться в результате ряда природных процессов. Один из них – неспособность нагревающегося океана поглощать из атмосферы нынешнее количество углекислого газа.

В этой связи необходим детальный и своевременный мониторинг региональных откликов на глобальные климатические изменения, тем более что

о колебаниях климата в 20 столетии можно судить не только по косвенным данным, но и на основе обработки прямых метеорологических измерений.

Изучению условий возникновения резких изменений температуры воздуха посвящено много работ, выполненных как в СНГ, так и за рубежом. В зависимости от направления исследований их можно разделить на четыре категории [11].

К первой категории относятся работы по анализу ультраполярных процессов, которые используются при прогнозировании резких изменений температуры воздуха, включая оттепели и сильные морозы. Впервые эти процессы рассматривались Б.П. Мультигановским, определившим пути перемещения антициклонических образований и давшим их классификацию. При вторжении антициклона (Az) по ультраполярным траекториям сильно нарушается зональная циркуляция атмосферы и резко изменяется погода. В западной части высотного гребня осуществляется адвекция тепла, а в восточной, с которой обычно связано смещение низкого холодного ядра или антициклона – адвекция холода. В зимний период в первом случае возникают оттепели, во втором – сильные морозы.

Вторая категория включает работы о волнах холода и тепла [1, 4, 8, 9, 12]. В значительной степени они способствовали детальному исследованию этих метеорологических явлений и позволили предложить способы их прогнозирования. М.Х. Байдал и А.А. Серебрякова [4] изучали климатические особенности волн холода в Казахстане в холодное время года. Установлено, что существуют определенные промежутки времени, когда волны холода и тепла встречаются часто и их интенсивность большая. Кроме климатических, они рассматривали и циркуляционные условия их возникновения. Показано, что климатические волны холода определяются суммарной повторяемостью двух холодных типов циркуляции. В одни и те же промежутки времени интенсивность волн холода неодинакова в разные годы, что объясняется особенностями циркуляции атмосферы.

К третьей категории отнесены работы, ставящие своей задачей изучить переходы температуры воздуха через определенные градации (-5, 0, +5 °C). Для Казахстана М.Х. Байдал [3] исследовал устойчивый переход температуры воздуха через 0, ±5, ±10 °C весной и осенью. Выделены типы весен, которые различаются по развитию атмосферных процессов.

К четвертой категории относятся работы, посвященные изучению оттепелей и сильных морозов. Исследованием этих двух важных для народного хозяйства явлений занимались сравнительно мало. Впервые

оттепели анализировал А.И. Воейков [5], выделивший два вида их происхождения: под влиянием теплого ветра и солнечных лучей.

Взаимодействие термических условий подстилающей поверхности и состояния циркуляции атмосферы исследовалось многими учеными [2, 6, 7, 10]. Для Казахстана подобные исследования очень актуальны, так как многие составляющие биосферы республики испытали сильнейшую антропогенную нагрузку в последние десятилетия на фоне глобальных экологических проблем. В частности, необходим тщательный мониторинг основных природно-климатических зон на территории Республики Казахстан с целью своевременной и плановой перестройки ведения сельского хозяйства в условиях нарастающих среднегодовых температур. Это связано с тем, что расположение плодородных земель и урожайность определённых агрокультур может существенно измениться в ряде регионов мира в результате перемен в водном балансе атмосферы и климата в целом.

Поэтому представляется актуальным изучение климатических особенностей формирования экстремально теплых и экстремально холодных весенних месяцев на юге Республики. Исходным материалом при исследовании послужили данные среднемесячной температуры воздуха за март, апрель и май с 1961 по 1995 года на М Алматы, М Джамбул, М Балхаш, М Кызылорда и М Туркестан. Для выбранного ряда лет по их данным были рассчитаны следующие статистические характеристики: средние значения температуры воздуха за каждый весенний месяц, ее отклонения ( $\Delta T_i$ ) от среднемноголетней ( $\bar{T}$ ), дисперсия температуры ( $D$ ), среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ), а также коэффициенты асимметрии и эксцесса, позволяющие оценить характер эмпирического распределения метеорологической величины.

Отклонение температуры воздуха от среднемноголетних значений (аномалия) на всех станциях изменяется от минус 4,4 °С до плюс 20,5 °С. Средние квадратические отклонения изменяются от 1,32 до 3,27 °С. Небольшие значения  $\sigma$  во все весенние месяцы в Джамбуле, а самые большие в Балхаше. Наглядное представление о повторяемости градаций температуры дают гистограммы ее распределения, которые были построены для всех станций.

В Алматы в марте наибольшая повторяемость температуры отмечается в градации от 2 до 4 °С. Апрель характеризуется распределением, близким к нормальному. Максимум приходится на 11...12 °С и далее следует медленное понижение повторяемости градации температуры до 7...8 °С (рис. 1). В мае на станции Алматы преобладают температуры в градации 16...17 °С, минимум повторяемости приходится на 19...20 °С.

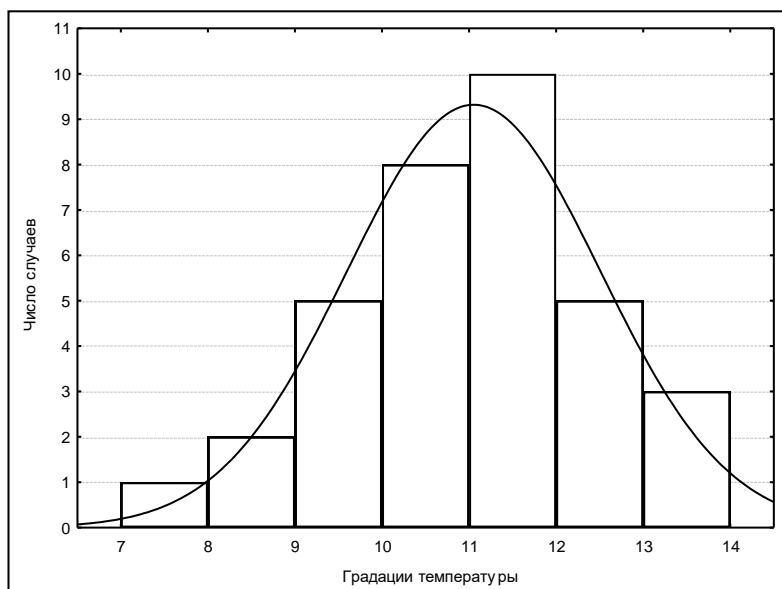


Рис. 1. Эмпирическое и теоретическое распределение среднемесячной температуры воздуха на М Алматы в апреле.

В Кызылорде апрель характеризуется бимодальным распределением температуры, что говорит о неоднородности изучаемых рядов и отмечается преобладание положительных градаций температур от 0 до 2 °С. В мае наибольшая повторяемость градаций температуры воздуха находится в пределах от 19 до 20 °С.

На станции Балхаш в марте отрицательные градации температуры отмечаются чаще, чем положительные, в пределах от минус 2 до минус 4 °С, от минус 4 до минус 6 °С и от минус 8 до минус 10 °С (рис. 2). В апреле максимум приходится на градации от 7 до 8 °С, минимум на 11...12 °С. Неравномерное распределение температуры наблюдается в мае. Наибольшая повторяемость приходится на градации от 17 до 18 °С и от 14 до 15 °С.

В течении марта в Туркестане, чаще отмечаются градации температур в 6...8 °С. В апреле распределение повторяемости градаций температур близко к распределению Гаусса. Май характеризуется максимальной повторяемостью градаций температур в интервале от 20 до 21 °С.

Март на станции Жамбыл характеризуется максимальной повторяемостью градаций температур в интервале от 3 до 4 °С. Минимальная повторяемость отмечается в пределах от 6 до 9 °С. Апрель характеризуется неравномерным распределением градаций температур, максимальная повторяемость наблюдается в пределах от 12 до 13 °С, 11...12 °С и 9...10 °С.

Наибольшая повторяемость температуры в градации от 16 до 17 °С и от 17 до 18 °С характерна для станции Жамбыл в мае.

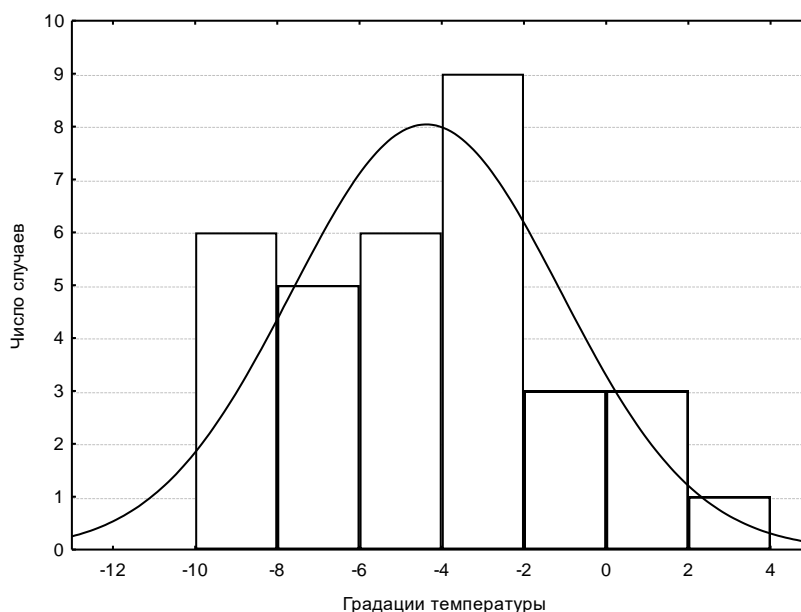


Рис. 2. Эмпирическое и теоретическое распределение среднемесячной температуры воздуха на М Балхаш в марте.

Анализ гистограмм распределения показывает, что на М Кызылорда и М Туркестан распределение температуры по градациям близко к нормальному. Наряду с нормальным распределением встречаются более сложные, в частности, на М Жамбыл, М Алматы и М Балхаш, что говорит о неоднородности исходного ряда. Наблюдаются случаи с хорошо выраженной асимметричностью распределения (Алматы – март, Жамбыл – март и Балхаш – май).

Для выявления цикличности различных явлений широко применяют спектральный анализ – метод обработки сигналов, который позволяет охарактеризовать частотный состав и выявить скрытую периодичность измеряемого сигнала. В марте на рассматриваемых станциях в большинстве случаев отмечается квазидвухлетняя цикличность температуры воздуха. Также менее выражена, но хорошо представлена 6...7 летняя цикличность. Для апреля в Кызылорде, Жамбыле, Туркестане наиболее ярко выражена 2-х летняя цикличность среднемесячной температуры воздуха. Для станций Балхаш и Алматы характерна 4-х летняя цикличность. Менее выражена, но хорошо представлена 6...7, 4-х и квазидвухлетняя циклич-

ность. Характер цикличности в мае несколько иной. Так, на станции Алматы наблюдается периодичность повторяемости среднемесячной температуры в 5 лет. Также характерна 2-х летняя цикличность (рис. 3).

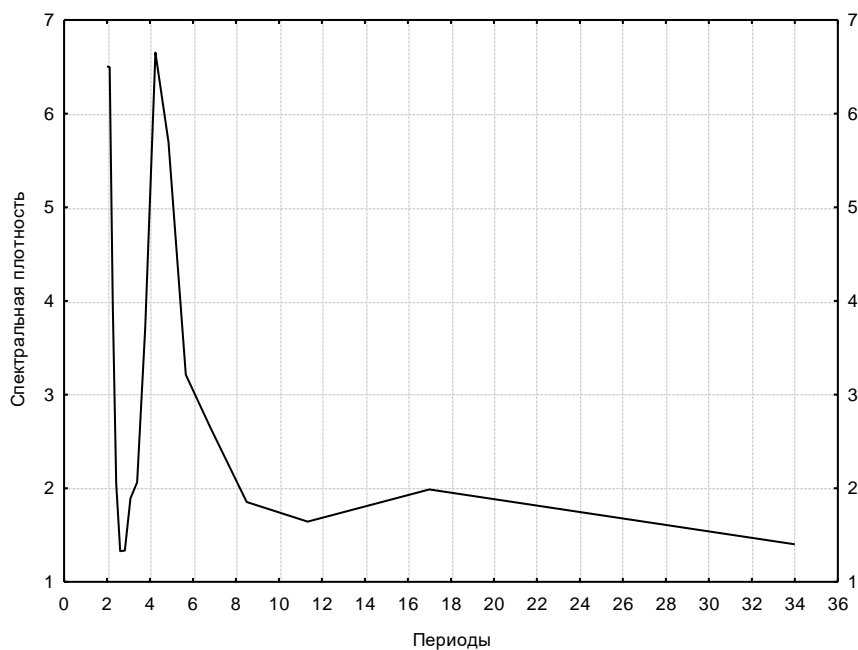


Рис. 3. Спектральный анализ среднемесячной температуры на М Алматы в мае.

Обобщая полученные результаты можно сделать вывод об отсутствии долгопериодных колебаний во временном ходе среднемесячной температуры, связанного с изменением солнечной активности, в частности 22-х летний цикл, но хорошо выражены короткопериодные колебания, в частности квазидвухлетняя цикличность.

Практический интерес представляет анализ тенденции изменения температуры воздуха весной на юге Казахстана. Был рассмотрен временной ход среднемесячной температуры воздуха весенних месяцев на рассматриваемых станциях и рассчитан линейный тренд. Анализ графиков временного хода среднемесячной температуры показывает, что на всех станциях в апреле месяце прослеживается тенденция к увеличению температуры, а также на станции Балхаш незначительное увеличение температуры наблюдается и в мае. Май и март месяцы характеризуются обратным распределением температуры воздуха, то есть здесь уже наблюдается медленное понижение температуры.

Важной климатической характеристикой метеорологических полей является их аномальность, для оценки которой различными авторами используются разнообразные критерии. До середины шестидесятых годов большинство исследователей предлагало использовать два измерения: размер площади, занятой аномалией одного знака, и количество станций с аномалией больше определенного предела. Затем Н.А. Багровым был предложен параметр ( $K$ ), учитывающий оба показателя.

Критерий ( $K$ ) позволяет объективно судить о степени аномальности всего поля, сравнивать отдельные поля, указывать длительность аномалии температуры. Однако он не указывает знак аномалии, что не позволяет судить о структуре поля  $\Delta T$  в течении сезона. Не указывает он и географического положения ее очагов. Этот критерий многие авторы использовали как параметр, который дает интегральную оценку степени аномальности поля температуры.

Широко используется метод разложения по естественным ортогональным функциям (е.о.ф.). Суть метода заключается в том, что значения любой последовательности метеорологического элемента в каждой точке поля можно представить в виде суммы произведения двух функций. Разложение полей по е.о.ф. обладает хорошей сходимостью. Коэффициенты разложения находятся путем решения ковариационных или корреляционных матриц, составленных из значений температуры или ее аномалий. В качестве критерия экстремальности температурного поля принимается среднее квадратическое отклонение. Если значения первого коэффициента разложения превышает  $\pm a \cdot \sigma$ , месяц считается экстремальным. Этот метод дает характеристику знака аномальности по всему исследуемому ряду лет.

Так же используется способ, основанный на сопоставлении значений метеорологических величин с их средним квадратическим отклонением, т.е. месяц считается аномальным, если среднемесячная аномалия температуры была больше или равна  $\sigma$ . Этот критерий использовался и в данной работе. Месяц считался экстремально холодным (ЭХ) или экстремально теплым (ЭТ), если аномалия температуры была равна или больше среднего квадратического отклонения, так же были выбраны месяцы, где  $\Delta T$  была  $\geq 1,5\sigma$  (табл. 1, 2).

За рассматриваемый период на М Алматы случаев ЭХ месяцев преобладали над ЭТ в марте и апреле. В мае месяце ЭХ не наблюдалось. Более ЭХ с  $\Delta T \geq 1,5\sigma$  в апреле месяце преобладали над ЭТ. На станции Жамбыл количество случаев ЭХ в марте и апреле преобладают над ЭТ. В мае одинако-

вое число случаев. Для случаев с  $\Delta T \geq 1,5$  ЭХ преобладают в апреле и мае, в марте ЭТ случаев больше. Для Балхаша ЭХ случаев больше, ЭТ отсутствуют. В апреле преобладают ЭТ периоды, в мае ЭХ случаев больше. В случае с  $\Delta T \geq 1,5$  март является ЭХ. В апреле, мае ЭХ преобладают над ЭТ. В марте, апреле на М Кызылорда наблюдается одинаковое количество случаев ЭХ и ЭТ, в апреле количество ЭХ случаев превышает ЭТ. В случае с  $\Delta T \geq 1,5$  в марте и мае превышает ЭХ, а в апреле количество случаев ЭТ.

Таблица 1

Число экстремально холодных (ЭХ) и экстремально теплых (ЭТ) случаев на станциях юга Казахстана весной

Станция	Характеристика месяца	$\Delta T \geq \sigma$			$\Delta T \geq 1,5\sigma$		
		Март	Апрель	Май	Март	Апрель	Май
Алматы	ЭХ	6	8	-	1	3	-
	ЭТ	5	5	5	4	1	-
Джамбул	ЭХ	6	7	5	2	4	4
	ЭТ	5	6	5	3	1	3
Кызылорда	ЭХ	21	5	9	16	3	2
	ЭТ	-	7	7	-	1	2
Балхаш	ЭХ	6	6	6	3	2	4
	ЭТ	6	6	4	2	3	2
Туркестан	ЭХ	6	5	5	3	2	2
	ЭТ	3	6	5	2	3	3

Таблица 2

Число случаев экстремально холодных (ЭХ) и экстремально теплых (ЭТ) весенних месяцев по территории юга Казахстана

Месяц	ЭХ		ЭТ	
	$\Delta T \geq \sigma$	$\Delta T \geq 1,5\sigma$	$\Delta T \geq \sigma$	$\Delta T \geq 1,5\sigma$
Март	5	1	3	1
Апрель	5	2	4	-
Май	3	2	2	1

На станции Туркестан в марте ЭХ превышает над ЭТ, в апреле преобладают ЭТ случаи, а в мае наблюдается одинаковое число случаев. В случае с  $\Delta T \geq 1,5$  в марте преобладают ЭХ случаи, а в апреле и в мае ЭТ превышению ЭХ.



Далее были рассмотрены экстремальные значения аномалий температуры по территории юга Казахстана. За экстремально теплый и экстремально холодный принимался месяц, когда аномалия температуры ( $\Delta T$ ) превышала  $\sigma$  и  $1,5\sigma$  на 75 процентах станций и более, то есть хотя бы на 3 из рассмотренных станций. Результаты приведены в табл. 2.

По параметру  $\sigma$  в каждом из рассмотренных месяцев преобладали экстремально холодные периоды. По параметру  $1,5\sigma$  в марте месяце наблюдалось одинаковое количество экстремально холодных и экстремально теплых, в мае и апреле чаще встречались ЭХ.

Для дальнейшей практической работы был составлен календарь экстремально весенних месяцев по территории юга Казахстана (табл. 3).

Таблица 3

Календарь экстремально холодных (ЭХ) и экстремально теплых (ЭТ) весенних месяцев по территории юга Казахстана

Месяц	ЭХ		ЭТ	
	$\Delta T \geq \sigma$	$\Delta T \geq 1,5\sigma$	$\Delta T \geq \sigma$	$\Delta T \geq 1,5\sigma$
Март	1972	1972	1962	1962
	1976		1968	
	1980		1981	
	1985			
	1986			
Апрель	1963	1963	1977	-
	1968	1989	1982	
	1984		1983	
	1987		1988	
	1989			
Май	1966	1966	1961	1961
	1988	1992	1982	
	1992			

Результаты приведенные в этом календаре можно использовать для изучения условий формирования ЭХ и ЭТ периодов в Казахстане весной.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агзамов А.А. Некоторые статистические характеристики волн холода в свободной атмосфере над Средней Азией. // Труды ТашГУ, 1964. – Вып. 259. – С. 109-113.
2. Багров Н.А., Мерцалова Н.И. О тепловом взаимодействии океана и атмосферы. //Труды Гидрометцентра СССР, 1970. – Вып. 64. – С. 24-34.
3. Байдал М.Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебания климата Казахстана. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 262 с.

4. Байдал М.Х., Серебрякова А.А. Климатические особенности волн холода в Казахстане в холодное время года. // Труды КазНИГМИ, 1955. – Вып. 5. С. 37-43.
5. Воейков А.И. Условия оттепелей при наличии снежного покрова. // Метеорологический вестник, 1908. – Вып. 2. – С. 37-40.
6. Громов Г.Г., Мерисцверидзе Э.И. Влияние температуры поверхности северных частей Тихого и Атлантического океанов на некоторые особенности циркуляции атмосферы. // Метеорология и Гидрология, 1971. – №10. – С. 38-46.
7. Дуйцева М.А., Педь Д.А. О взаимодействии полей температуры воды и воздуха в Северной Атлантики. // Труды Гидрометцентра СССР, 1979. Вып. 63. – С. 43-56.
8. Дуйцева М.А., Педь Д.А. Особенности волн холода и тепла на Европейской территории СССР. // Труды ЦИП, 1963. – Вып. 123. – С. 34-62.
9. Календов А.А. О некоторых связях волн холода и тепла над Приморским краем в зимние месяцы с интенсивностью Азиатского антициклона. // Труды ДВНИГМИ, 1971. – Вып. 32. – С. 22-41.
10. Рафаилова Х.Х. Использование характеристик стратосферы, тропосферы и подстилающей поверхности в долгосрочных прогнозах погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 317 с.
11. Скаков А.А. Оттепели и морозы в Казахстане. – Алма-Ата, Наука, 1984. – 173 с.
12. Хайруллин К.Ш. Оттепели на территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 85 с.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

**SAZASTANNYŪ OŪTİSTİGİNDEGİ KŪKTEMGİ  
ТЕМПЕРАТУРАЛЫС ТІЗІМНІҰ КЛИМАТТЫС ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

Геогр. Ғылымд. канд.

В.Г. Сальников

Е.А. Гармашева

*Sazastannıŷ oŷtİstİgİndeGİ kŷktemGİ temneraturalıj tİzİmniŷ klimattıj erekİklİkterİ taljılanJan. S.,uİr айында барlıj метеостансаларда (М) температураныŷ kŷбеюİне бајылау тенденциясы, Балхаш метеостансасында температураныŷ шамалы kŷбеюİ мамыр айында бајылануы kŷрсетİлген. Мамыр ж.,не наурыз айлары неGİзінде басја стансаларда температураныŷ tŷмендеуİмен сипатталынады. Зерттелінген аймајтар бойынша kŷktemдеGİ айлардаЈы экстремальды жылы ж.,не экстремальды суыј kŷntİzbесİ jŷрылJan.*

УДК 551.509.324

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСЯЧНОГО  
КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД НА СЕВЕРЕ  
КАЗАХСТАНА**

Канд. геогр. наук

Г.К. Турулина

И.С. Холодкова

*Проведен анализ основных статистических характеристик  
месячного количества осадков в зимний период на севере Казахстана.*

Атмосферные осадки – важная характеристика климата, их исследованием занимались многие ученые. Различные виды хозяйственной деятельности (сельское и лесное хозяйство, транспорт, энергетика, строительство и другие) нуждаются в информации об осадках. В исследованиях осадков большое внимание уделяется таким направлениям, как методика измерения и обработка данных об осадках, активное воздействие на осадки, воднобалансовые расчеты, метеорологические и гидрологические прогнозы, моделирование роли осадков в формировании климата, анализ тенденций увлажнения в условиях глобального потепления.

Большой цикл работ проведен Ц.А. Швер [9]. Среди работ климатического направления следует, прежде всего, отметить статью [2], где рассмотрены осадки по регионам Северного полушария, указаны особенности климатического режима месячных и годовых осадков, причем основное внимание уделено территориальным различиям и годовому ходу осадков.

Одной из первых работ по изучению снежного покрова в Северном Казахстане было исследование Л.В. Павловой [6]. Автором были выделены зимы в Северном Казахстане с ранними и поздними сроками установления и разрушения устойчивого снежного покрова, проанализированы температуры воздуха. Режим осадков, динамика накопления снега в много- и малоснежные зимы. Л.В. Павлова также установила, что многоснежные зимы продолжительнее малоснежных в среднем на полтора месяца; распределение по территории высоты и запасов воды в снеге при обоих типах зим аналогично среднему многолетнему. Только на востоке в малоснежные зимы иногда накапливается снега больше нормы, вследствие сдвига циклоничности к востоку; многоснежные зимы в среднем холоднее малоснежных (особенно в ноябре и феврале). Разница температур в сред-

нем за зиму достигает 3,3 °С; в многоснежные зимы не только в Северном Казахстане, но и на всей территории республики преобладает отрицательная аномалия температуры воздуха с очагом самых низких температур в Западном и в Северном Казахстане, а в малоснежные – положительная, с очагом в тех же районах.

Одной из наиболее сложных задач при изучении осадков является анализ тенденций увлажнения. Характер пространственной неоднородности осадков отмечался многими авторами [1, 3, 6, 7, 8]. Показано, что эффект неоднородности распределения осадков формируется под совместным влиянием макро- и микроклиматических условий. Макроклиматические условия пространственной неоднородности осадков, обусловленные влиянием крупномасштабных процессов, может учесть сравнительно редкая сеть пунктов наблюдений. Совершенно иначе обстоит дело с учетом микроклиматических условий, особенно при сложном рельефе. Именно микроклиматическая неоднородность территории и является основной причиной значительной «пятнистости» распределения осадков. В связи с этим для получения репрезентативных значений количества осадков требуется значительное пространственное и временное осреднение [1, 3, 6, 7, 8].

Районы Казахстана в работах по распределению осадков в различные сезоны года в условиях глобального потепления недостаточно освещены либо из-за ограниченности фактических данных, либо из-за слишком большой степени осреднения во времени и пространстве. Относительно же связи увлажнения региона с глобальной температурой воздуха полушария разными исследователями получены порой противоречивые выводы. Все это говорит о необходимости дифференцированного во времени и пространстве изучения тенденций увлажнения в республике.

Для решения этой задачи О.В. Пилифосовой [6] привлекались данные о суммах осадков за теплый период (апрель – октябрь), холодный (ноябрь – март) периоды и за год на 24 станциях Казахстана, расположенных относительно равномерно по территории. Для получения однородных и сопоставимых данных пропуски в рядах наблюдений восстанавливались по картам отношений месячных сумм осадков, составленным в ГГО. Известно, что одной из необходимых процедур для надежного выявления тенденций атмосферных осадков является пространственное осреднение данных. Исходя из этого, а также для оценки зависимости хода увлажнения от географического положения на территории Казахстана автором [6] было выделено 6 районов, для которых вычислялись средние суммы осадков. Основанием для объединения

станций в районе служила сходность их физико-географического положения, а также превышение коэффициента корреляции между годовыми суммами осадков на соседних станциях его критического значения на 10 % уровне значимости. Период наблюдений охватывал 54 года.

Статистическое описание тенденции развития осуществляется путем выявления и оценки трендов во временных рядах. Существует множество различных приемов оценивания трендов, достаточно полно обзор которых дан в [7, 10]. Для выявления тенденций увлажнения средних районных осадков в первом приближении трендовая составляющая оценивается с помощью сглаживания исходного ряда скользящей пятилетней средней. Использование этого метода, как известно, позволяет элиминировать случайные колебания, сгладить временной ряд, дает возможность провести анализ в определенных временных интервалах. О.В. Пилифосова показала, что тенденция изменения увлажненности Центральных районов Казахстана имела положительный знак до 1952 года и в период 1956...1960 годы, после чего ее знак сменился на противоположный. Восьмидесятые годы характеризовались почти повсеместным ростом осадков. Исключение составляют осадки теплого периода в северном и восточном районах и годовые в юго-восточном, где отмечается отрицательная тенденция изменения увлажнения, а также годовые и осадки холодного периода, где тенденция нулевая.

Наша статья посвящена исследованию статистических характеристик зимних осадков в Северном Казахстане. Материалом для исследования служили данные среднего месячного количества осадков за декабрь, январь и февраль с 1961 года по 1995 год на станциях Павлодар, Актюбинск, Костанай, Петропавловск, Астана и Кокшетау, а также данные климатического справочника [4].

По выбранному ряду лет на данных станциях были вычислены средние значения количества осадков  $\bar{R}$  за каждый зимний месяц. Затем было проведено сравнение данных климатического справочника  $R_{кл}$  и рассчитанных значений средних многолетних осадков  $\bar{R}$ . Результаты представлены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 показал, что для всех зимних месяцев в Актюбинске, Костане и Петропавловске рассчитанные средние многолетние значения осадков превышают или совпадают со значениями, приведенными в климатическом справочнике. Для Павлодара, Кокшетау и Астаны эти значения несколько меньше значений, приведенных в [4].

Таблица 1

Среднемноголетнее количество осадков по данным климатического справочника  $R_{кл}$  и рассчитанное  $\bar{R}$  за период с 1961 по 1995 годы

Станция	Декабрь		Январь		Февраль	
	$\bar{R}$	$R_{кл}$	$\bar{R}$	$R_{кл}$	$\bar{R}$	$R_{кл}$
Павлодар	17	19	18	15	13	13
Актюбинск	25	20	21	15	18	13
Костанай	22	16	18	13	12	11
Петропавловск	24	17	21	14	15	11
Астана	18	18	17	19	14	14
Кокшетау	12	17	12	13	11	9

В работе были определены основные статистические характеристики среднего многолетнего количества осадков: аномалия осадков ( $\Delta R_i$ ), среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ), коэффициент асимметрии ( $A_s$ ), коэффициент эксцесса ( $E_x$ ), коэффициент вариации ( $C_v$ ), приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Основные статистические характеристики месячных сумм осадков

Станция	Месяц	$\sigma$	$C_v$	$A_s$	$E_x$
Павлодар	Январь	10	0,58	0,62	-0,22
	Февраль	6,3	0,48	0,34	-0,29
	Декабрь	8,3	0,49	0,002	-0,78
Актюбинск	Январь	13,5	0,62	0,67	-0,21
	Февраль	12,9	0,70	1,65	5,72
	Декабрь	15,6	0,61	0,38	-0,18
Костанай	Январь	9,7	0,56	0,17	-1,00
	Февраль	8,4	0,68	0,23	1,93
	Декабрь	14,4	0,66	0,54	-0,48
Петропавловск	Январь	12,2	0,57	0,82	0,81
	Февраль	9,2	0,60	1,21	3,57
	Декабрь	16,0	0,66	1,04	1,33
Астана	Январь	10,8	0,61	1,63	3,44
	Февраль	7,4	0,52	1,78	5,26
	Декабрь	10,5	0,57	1,46	3,80
Кокшетау	Январь	9,7	0,78	2,19	6,15
	Февраль	8,7	0,76	1,81	3,90
	Декабрь	7,8	0,63	1,66	2,12

Анализ табл. 2 показывает следующее: среднее квадратическое отклонение в зимние месяцы меняется по территории от 6,3 в Павлодаре до

16,0 в Петропавловске. Это свидетельствует о большой изменчивости месячных сумм осадков. Большую изменчивость подтверждает и коэффициент вариации  $C_v$ , который на всех станциях  $\geq 0,5$ . Известно, что коэффициент вариации равный 0,25 уже считается большим.

Коэффициент асимметрии для всех станций и всех месяцев положительный и в большинстве случаев превышает критическое значение (61 % из всех случаев), равное 0,62 для пятипроцентного уровня значимости. Положительная, т.е. правосторонняя асимметрия свидетельствует о том, что в рассматриваемых рядах зимних осадков чаще встречаются небольшие значения месячных осадков. Коэффициент эксцесса также в большинстве случаев больше критического ( $E_{x\text{ крит.}} = 0,85$ ) для заданного уровня значимости.

Коэффициенты эксцесса и асимметрии позволяют оценить характер эмпирического распределения величины. Если асимметрия ( $A_s$ ) и эксцесс ( $E_x$ ) не превышают критических значений для заданного уровня значимости, то распределение подчиняется нормальному закону. В нашем случае распределение месячных сумм осадков отличается от нормального. Это не противоречит результатам исследований различных авторов, например [6].

В работе были построены гистограммы распределения месячных сумм осадков для центрального месяца – января, для всех станций. Анализ гистограмм подтверждает, что распределение осадков на севере республики отличается от нормального. Для примера приведена гистограмма распределения месячных сумм осадков в январе для станции Павлодар (рис. 1).

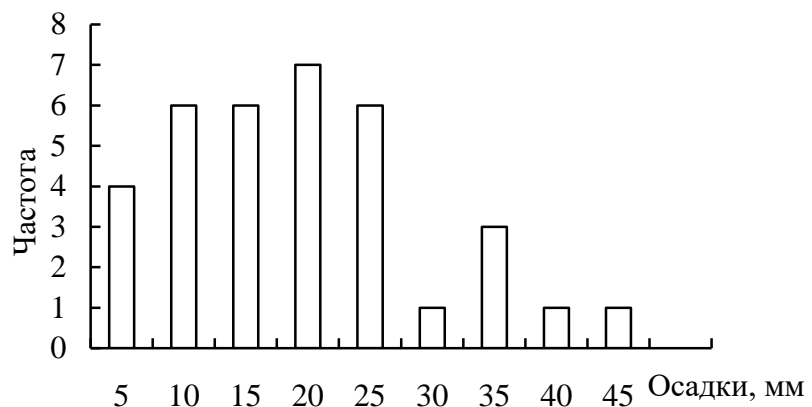


Рис. 1. Гистограмма распределения месячного количества осадков для станции Павлодар в январе.

Практический интерес представляет анализ тенденций изменения сумм осадков зимой на севере Казахстана. Как известно, тенденция – это объективно существующее свойство процесса, в данном случае режима увлажнения, которое выражается в медленном закономерном изменении рассматриваемой величины или ее статистических характеристик. Статистическое описание тенденции развития осуществляется путем выявления и оценки трендов во временных рядах. Для определения тенденции режима увлажнения всего зимнего периода по всем станциям были рассчитаны аномалии осадков для всех зимних месяцев. Повторяемость знаков аномалии для всех месяцев на всех станциях приведена в табл. 3.

Таблица 3

Повторяемость знаков аномалий осадков для рассматриваемых станций во все зимние месяцы

Месяц	Знак аномалии	Станция					
		Павлодар	Актюбинск	Костанай	Петропавловск	Астана	Кокшетау
Декабрь	$n_+$	16	15	22	23	17	15
	$n_-$	19	20	13	12	18	20
Январь	$n_+$	19	18	24	25	13	13
	$n_-$	16	17	11	10	22	22
Февраль	$n_+$	18	22	18	24	11	17
	$n_-$	17	13	17	11	24	18

Анализ результатов данной таблицы показывает, что на большей части территории Казахстана преобладает положительная аномалия, свидетельствующая о повышении количества зимних осадков по сравнению с нормой. Этот вывод подтверждает анализ временного хода среднего месячного количества осадков. На рис. 2 приведен график временного хода среднего месячного количества осадков для станции Павлодар для января.

Далее был рассчитан линейный тренд:

$$Y = a + bx,$$

где  $Y$  – осадки;  $a, b$  – коэффициенты;  $x$  – годы.

Линия тренда, изображенная на рис. 2, указывает на то, что в Павлодаре в январе в исследуемом периоде лет отмечается тенденция к уве-



личению осадков. Аналогичный результат анализа трендов получен для станций Актюбинск, Костанай и Петропавловск. На станциях Кокшетау и Астана отмечается тенденция к уменьшению количества зимних осадков.

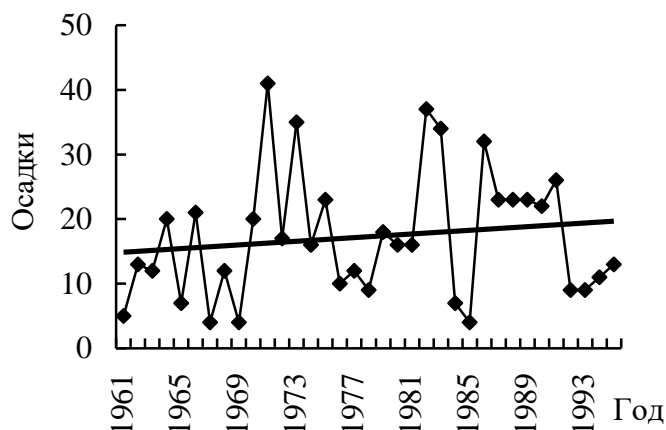


Рис.2. Временной ход месячного количества осадков в январе и линия тренда для Павлодара с 1961 по 1995 годы.

В результате проведенного исследования статистических характеристик зимних осадков в Северном Казахстане можно сделать вывод о том, что пространственная и временная изменчивость их очень велика, а это свидетельствует о трудности прогноза осадков в современных условиях глобального потепления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буза А.А. Вероятность обнаружения маломасштабных явлений в зависимости от размеров и густоты наблюдательной сети. // Метеорология и гидрология, 1970. – Вып. 2. – С. 62-70.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Анасова Е.Г. Статистические характеристики поля аномалии январских осадков Северного полушария. // Труды ВНИИГМИ МЦД, 1981. Вып. 77. – С. 71-82.
3. Мещерская А.В., Лугина К.М., Леднева К.В. К сравнению осадков, осредненных по площади с осадками на отдельных станциях. // Труды ГГО, 1978. – Вып. 400. – С. 28-39.
4. Научно прикладной справочник по климату СССР/ Вып.18, книга 2, Л.: Гидрометеиздат, 1985. – С. 265-270.
5. Павлова Л.В. Снежный покров в северном Казахстане: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Алматы, 1971. – 19 с.

6. Пилифосова О.П. О тенденциях увлажнения территории Казахстана. // Труды КазНИГМИ. – 1990. – Вып. 106. – С. 77-87.
7. Садоков В.П., Буракова Р.И., Козельцева В.Ф. Особенности полей осадков в зависимости от различных факторов. // Труды ГМЦ РФ. – 2000. – Вып. 300. – С. 49-59.
8. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. – СПб.: Гидрометеониздат, 1991. – 303 с.
9. Швер Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР. Л.: Гидрометеониздат, 1976 – 302 с.
10. Юзбашев М. М., Манэля А. И. Статистический анализ тенденций и колеблемости. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 207 с.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби

**СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ҚЫС МЕРЗІМДЕ БАЙҚАЛАТЫН  
ЖАУЫН-ШАШЫН МӨЛШЕРІНІҢ СТАТИСТИКАЛЫҚ  
СИПАТАМАЛАРЫ**

Геогр. ғылымд. канд Г.К. Турулина  
И.С. Холодкова

*Солтүстік Қазақстандағы қыс мерзімде байқалатын  
жауын-шашын мөлшерінің статистикалық сипатамалары  
талдауы өткізіліп көрсетілген.*

УДК 556.043

**К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД  
ГИДРОМЕТСЛУЖБОЙ КАЗАХСТАНА**

Канд. геогр. наук

И.И. Скоцялс

Канд. техн. наук

В.И. Ли

Канд. геогр. наук

В.П. Попова

*Рассматривается история исследований Гидрометеорологической службой поверхностных вод Казахстана. Приведена динамика изменения количества постов наблюдений за водными объектами Казахстана за период 1910...2004 гг.*

В Казахстане имеется около 85 тысяч рек и временных водотоков, свыше 57 тысяч озер, не менее 4 тысяч искусственных водоемов – водохранилищ, прудов, копаней, прудо-копаней [3]. Длина большинства рек не превышает 10 км, а площадь озер в основном менее 1 км<sup>2</sup>.

Общая протяженность рек с длиной более 10 км близка к 223 тыс. км. Речная сеть лучше развита в хорошо увлажненных горных районах Алтая, Жонгарского и Заилийского Алатау, расположенных на восточных и юго-восточных окраинах республики. Здесь на 1 км<sup>2</sup> площади приходится 0,4...1,2 км водотоков, иногда до 2,5...3,0 км. В равнинных районах густота речной сети менее 0,1 км/км<sup>2</sup> и лишь на возвышенностях Казахского мелкосопочника, в Мугоджарских горах, на Подуральском и Зауральском плато возрастает до 0,2...0,3 км/км<sup>2</sup>.

Самой крупной водной артерией Казахстана является р. Иртыш. Ее верховья находятся в Китайской Народной Республике, часть нижнего течения – в России. Длина реки 4248 км, в границах Казахстана – 1677 км. Лишь частично по территории Казахстана протекают и другие основные реки. Это Урал, Сырдарья, Или, Ишим, Тобол, Шу, Талас. Из рек, полностью находящихся в пределах Казахстана, наибольшей протяженностью отличаются Нура, Тургай, Уил, Сарысу, Эмба, Иргиз, Сагиз. Повышенной водоносностью характеризуются реки Бухтарма, Уба, Ульба, стекающие с хребтов Алтая, и р. Каратал в Жонгарском Алатау.

Озера особенно часто встречаются в Северном Казахстане, а также в поймах и дельтах рек. Общая площадь водной поверхности всех озер равна около 45 тыс. км<sup>2</sup>. Площадь зеркала более 1 км<sup>2</sup> имеют около

3000 озер. Их суммарная площадь составляет примерно 40,5 тыс. км<sup>2</sup>. Наиболее крупными водоемами являются Каспийское и Аральское моря. В состав Казахстана они входят не полностью. К самым большим по размерам озерам относятся Балхаш, Алаколь, Тенгиз, Селетытенгиз, Сасыкколь, Кушмурун.

Гидрологические наблюдения в Казахстане впервые были начаты Западно-Сибирским государственным речным пароходством в 1890 году на р. Иртыш у г. Семипалатинска и у станции Железинка вблизи Павлодара. В 1910 году количество гидрологических постов возросло до 30, а в 1920 году достигло 121.

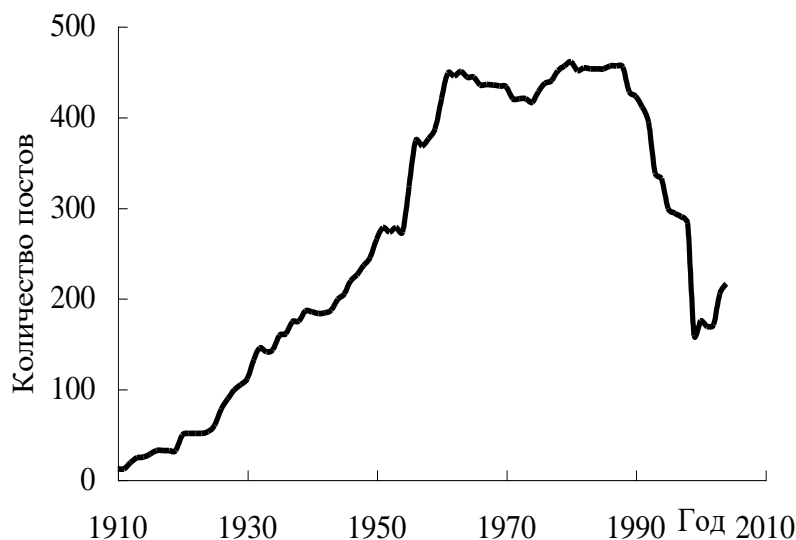
В годы существования СССР большое внимание уделялось созданию и развитию государственной гидрологической сети наблюдений с целью изучения режима рек, озер и водохранилищ. В основном эта обязанность была возложена на Гидрометслужбу СССР, в состав которой входила и Гидрометслужба Казахстана. В суверенном Казахстане государственная гидрологическая сеть подчинена Казгидромету, ставшему правопреемником бывшего гидрометеорологического ведомства республики.

На гидрологических постах производятся наблюдения за уровнями воды в реках и водоемах, измеряются расходы воды, отбираются пробы воды на стандартные химические анализы, загрязнение, донные и взвешенные наносы. В программу работ входят также наблюдения за температурой воды и воздуха, ледовыми явлениями, атмосферными осадками, волнением на озерах и водохранилищах. По времени действия, посты подразделяются на круглогодичные и сезонные. Наблюдения осуществляются по единой методике и в сроки, установленные Наставлениями по производству гидрологических работ и другими нормативными документами, разработанными в советский период. Данные этих наблюдений проходят строгий контроль. Они необходимы для проектирования гидротехнических сооружений (водохранилищ, прудов, каналов, водозаборов, пристаней и т.д.), обеспечения нормальной эксплуатации существующих хозяйственных объектов, разработки комплексных схем использования водных ресурсов, предупреждения правительственных органов и населения об опасных гидрологических явлениях.

На рисунке показано изменение количества гидрологических постов, находившихся в ведении Гидрометслужбы на территории Казахстана с 1910 г. по настоящее время. За период, предшествовавший образованию

Гидрометслужбы, учтены только посты, перешедшие к ней в 10 годы от других ведомств.

Из приведенного рисунка видно, что в развитии гидрологической сети существовало четыре основных периода. Первый период пришелся на 20...50-е годы, второй – на 60...80-е, годы третий – на 90-е годы прошлого века и четвертый – на начало 21 столетия.



*Рис. Изменение количества гидрологических постов.*

В первый период количество постов постепенно увеличивалось. Во второй период гидрологическая сеть достигла наибольшего развития: количество действовавших гидрологических постов в основном колебалось от 420 до 460, в том числе на реках в отдельные годы оно приближалось к 400, на озерах – к 60; значительно расширилась программа наблюдений и возросла оснащенность постов необходимыми приборами, оборудованием и устройствами, в частности самописцами уровня воды; систематически проводилась поверка приборов; качество наблюдений, как правило, соответствовало международным стандартам.

Большое внимание, особенно на втором этапе, придавалось изучению режима не только крупных, но и средних и малых водотоков и водоемов. При развитии сети учитывалось также высотное положение водосборов. Кроме основной гидрологической сети, по специальным программам работали Алматинская селестоксовая, Западно-Казахстанская, Ново-Рыбинская, Аксуйская и Лениногорская воднобалансовые станции, озерные обсерватории (Балхашская, Бухтарминская) и станции (Капчагайская).

Дополнительная гидрологическая информация получалась во время экспедиционных исследований. В частности, гидрологами Гидрометслужбы Казахстана в 60-е годы проведены крупные экспедиционные работы в Центральном Казахстане, Северном Прибалхашье, на акватории и в бассейне Алакольских озер. Все это способствовало улучшению гидрологической изученности территории Казахстана в целом. Однако даже тогда плотность гидрологической сети была не везде достаточной для надежных территориальных обобщений гидрологических характеристик. По этой причине некоторые районы, особенно малонаселенные, остались слабо изученными до настоящего времени.

Для третьего периода характерно сокращение количественного состава гидрологической сети. Это связано с тем, что в 90-е г. Казгидромет получал на производство работ все меньше и меньше бюджетных средств. В 1997 году количество постов уменьшилось до 290, в основном за счет постов на малых реках и постов, расположенных в малонаселенных районах. Особенно резко гидрологическая сеть сократилась в 1999 году, в котором на территории Казахстана осталось всего 159 гидрологических постов, подведомственных Казгидромету. По количественному составу она, таким образом, приблизилась к уровню 1936 года.

Четвертый период развития гидрологической сети наступил в начале нового столетия. В 2002 г. было открыто и реанимировано 42 гидрологических поста. В настоящее время РГП «Казгидромет» прилагает много сил и вкладывает средства для восстановления сети гидрологических наблюдений.

Измерительные приборы на постах в последние годы не обновляются, не проводится их поверка, оборудование находится в изношенном состоянии. Это в значительной мере отражается на полноте и качестве наблюдений. Информация, поступающая от оставшихся постов, используется только для оперативного гидрологического обслуживания.

В течение всего периода существования Гидрометслужбы имелись также сотни постов, принадлежавших другим ведомствам. Наблюдения на многих из них производились не круглый год и часто не удовлетворяли существующим требованиям.

Современная гидрологическая сеть, несомненно, нуждается в улучшении. Она должна основываться на потребности достаточного минимума постов для обеспечения изученности однородных гидрологических районов, учитывать изменившийся государственный статус Казахстана и формирующиеся рыночные отношения в экономике.

Наряду с производством комплекса гидрометеорологических наблюдений, Гидрометслужбой Казахстана проводилась огромная работа по анализу, обработке и публикации гидрологических материалов. Данные, полученные до 1936 года, помещены в «Материалах по режиму рек и озер СССР». С 1936 до 1994 года включительно систематически издавались Гидрологические ежегодники. В 60-е – начале 70-х годов подготовлены и опубликованы справочники «Гидрологическая изученность» и «Основные гидрологические характеристики», монография «Ресурсы поверхностных вод СССР» по бассейну Верхнего Иртыша, а в более поздние годы, уже в рамках ведения Государственного водного кадастра, – справочники «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши». Однако в конце 90-х годов из-за недостаточного финансирования Казгидромета Гидрологические ежегодники не издавались, а многолетние гидрологические характеристики были опубликованы только по 1980 год.

В последние годы ситуация изменилась. РГП «Казгидромет» издает материалы наблюдений на гидрологических постах – Гидрологические ежегодники по 8 водно-хозяйственным бассейнам: р. Иртыш, р. Ишим, р. Тобол и р. Тургай, р. Урал, р. Сырдарья, р. Шу и р. Талас, оз. Балхаш и оз. Алаколь, р. Нура и р. Сарысу. Многолетние гидрологические характеристики опубликованы до 1990 г.

Важную роль в гидрологических исследованиях на территории Казахстана сыграли Государственный гидрологический институт (ГГИ), являвшийся головной организацией в СССР по вопросам гидрологии, и образованный в 1950 году Казахский научно-исследовательский гидрометеорологический институт (КазНИГМИ), реорганизованный в 1995 году в Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата (КазНИИМОСК). ГГИ разработал Наставления, Методические указания и рекомендации по производству гидрологических работ, обработке и обобщению данных наблюдений. Так же осуществил большой объем экспедиционных исследований в Северном, Западном и Южном Казахстане, опубликовал монографии «Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель» по северным областям республики и монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР» по Актюбинской области и Урало-Эмбинскому району.

КазНИГМИ подготовил такие же монографии по Карагандинской области и бассейну озера Балхаш, создал модели формирования стока горных и равнинных рек Казахстана, модели изменения уровня Аральского и Каспийского морей, уровня и минерализации озера Балхаш, разработал новые методы прогнозов водности многих рек и притока в крупные водо-

хранилища. Получены также другие важные результаты исследований. Наряду с этим, КазНИГМИ (КазНИИМОСК) оказывал методическую помощь гидрологическим подразделениям Казахского управления гидрометеорологической службы (позже Казгидромета), осуществлял экспертизу материалов наблюдений на стоковых станциях.

В последнее время в Казахстане все больше внимания уделяется вопросам улучшения управления водными ресурсами и согласования водохозяйственной политики с соседними странами [1, 4]. Большой интерес в связи с этим представляет оперативная оценка общих, местных и транзитных ресурсов речных вод. Ресурсы речных вод имеют также важное экологическое значение, являясь одним из основных факторов, определяющих состояние природных экосистем и санитарно-эпидемиологические условия проживания населения.

Идея оперативной оценки ресурсов речных вод впервые практически осуществлена в Российской Федерации, где с начала 80-х годов 20 века такая оценка производится Государственным гидрологическим институтом (г. Санкт-Петербург). Этот институт систематически публикует данные о водных ресурсах и их использовании на территории Российской Федерации за каждый прошедший год. До 90-х годов в издаваемый ГГИ сборник помещались некоторые сведения и о водных ресурсах Республики Казахстан – по административным областям и отдельным участкам основных рек. Попытка получить на безвозмездной основе методику оперативной оценки ресурсов речных вод, имеющуюся в ГГИ, не увенчалась успехом. Кроме того, эта методика имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что водные ресурсы оцениваются для очень ограниченного количества пунктов на основных реках.

Кроме этого в условиях частого изменения границ административных областей представляется более целесообразным производить оценку водных ресурсов для водохозяйственных районов. В связи с этим в 2002...2003 гг. в КазНИИМОСКе была предпринята попытка разработки методики оценки ежегодных ресурсов речного стока Казахстана. Создание методики и ежегодное издание водного кадастра (Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование) позволило бы существенно улучшить обслуживание правительственных и хозяйственных органов исключительно важной стратегической информацией о ресурсах поверхностных и подземных вод Республики в целом и ее отдельных водохозяйственных районов. Из-за отсутствия финансирования эти работы были прекращены.



В настоящее время КазНИИМОСК, к сожалению, реорганизован в Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата (КазНИИЭК) и, практически, прекратил исследования в области гидрологических проблем. Единственная организация, серьезно занимающаяся научно-методическими работами в области гидрологических исследований является РГП «Казгидромет».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баймагамбетов Б.О. Состояние гидрологической сети наблюдений НГМС Центральной Азии для мониторинга климата // Вестник КазНУ. Серия геогр. 2004. – № 2 (19). – С. 67-71.
2. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество (1990). – Л.: ФОЛ Валдайского филиала ГГИ, 1991. – 133 с.
3. Озера Северного, Западного и Восточного Казахстана / Под ред. П.П. Филонца и Т.Р. Омарова. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. –138 с.
4. Рябцев А.Д., Ахметов С.К. Водные ресурсы Казахстана: проблемы и перспективы использования // Гидрометеорология и экология 2002. – № 1. – С. 51-73.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

#### SAZACCTANNYŪ GIDROMETSYZMETIMEN CY BETIN ZERTTEY CypPABHHA

Геогр. Ылымд. канд.	И.И. Скоцеляс
Техн. Ылымд. канд	В.И. Ли
Геогр. Ылымд. канд.	В.П. Попова

*Sazajctанныŷ су бетін Гидрометеорологиялыŷ жызыметімен зерттеу тарихы талжылан. 1910...2004 жж. кезеŷдер Гшін Sazajctанныŷ су объектілерімен баŷылау бекеттерініŷ мŷлишерініŷ ŷзгеру динамикасы салын.*

УДК 551.577.2

**СВЯЗЬ СЕВЕРО-АТЛАНТИЧЕСКОГО КОЛЕБАНИЯ И СРЕДНЕЙ  
МЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В КАЗАХСТАНЕ**

О.С. Игнатенко

*В статье рассмотрено влияние Северо-Атлантического колебания на среднюю месячную температуру воздуха в Казахстане. Для этого были рассчитаны синхронные коэффициенты корреляции между средней месячной температурой воздуха на 19 метеорологических станциях Казахстана и индексом Северо-Атлантического колебания.*

В последние годы многие исследования посвящены изучению дальних связей циркуляции атмосферы, так называемых teleconnection pattern, и их влиянию на региональные особенности погоды, например, среднюю месячную, сезонную или годовую температуру воздуха, сумму осадков за месяц [1-3, 6-8], повторяемость тех или иных синоптических процессов [5, 6] и т.д. Такие крупномасштабные системы объединяют в себе несколько центров действия атмосферы. С их вариациями связано проявление большей зональности или меридиональности циркуляции атмосферы, степени циклоничности или антициклоничности атмосферных режимов. Эти системы отражают изменения в атмосферных волнах, струйных течениях и влияют на температуру, выпадение осадков, движение штормов, положения и интенсивности струйных течений на огромных территориях.

Синхронные связи температуры приземного воздуха на северо-западе Евразии и циркуляции атмосферы над Северной Атлантикой широко отражены в климатической литературе. В качестве характеристики аномалии циркуляции над Северной Атлантикой чаще используют Северо-Атлантическое колебание (NAO) и колебание Полярная область – Евразия (POL). Это два из 14 индексов дальних связей циркуляции атмосферы, расчет которых ведется в Национальном управлении по исследованию океана и атмосферы США (НУОА).

Основное внимание в большинстве исследований уделяется зимним условиям, так как синхронные связи наиболее выражены именно в это время. Что касается остальных сезонов, констатируется, что при значительном увеличении роли радиационного фактора и свойств подстилающей поверхности синхронные связи температуры и циркуляции ослаблены [1]. В дан-

ной работе рассмотрено влияние только Северо-Атлантического колебания на среднюю месячную температуру воздуха в Казахстане. В дальнейшем предполагается исследовать влияние и других известных индексов.

Северо-Атлантическое колебание (САК), связано с динамикой двух центров действия атмосферы (ЦДА) в Северной Атлантике – субполярного Исландского минимума и субтропического Азорского максимума. Индекс Северо-Атлантического колебания определяется как разность между нормализованным давлением на уровне моря между Азорским максимумом и Исландским минимумом. Различают положительную и отрицательную фазы NAO. Во время положительной фазы усиливается разность между давлением в Исландском минимуме и Азорском максимуме, и, соответственно, усиливается западно-восточный перенос над Северной Атлантикой и Западной Европой. Также NAO характеризует интенсивность циклонической деятельности на арктическом фронте.

В соответствии с [1, 2] в зимний сезон, когда и проявляется наиболее интенсивно NAO, усиленный западный ветер переносит больше теплого и влажного морского воздуха с Атлантики в Северную и Западную Европу, вызывая там более теплые и влажные зимы. В отрицательную фазу САК более влажный воздух переносится в район Средиземного моря и более холодный – в Северную Европу. NAO оказывает влияние и на среднюю месячную температуру воздуха в Гренландии и северной Канаде [3 – 5]. Выявлено, что в положительную фазу NAO усиливается приток холодного сухого арктического воздуха в северо-западные районы Атлантики, что приводит к более холодным и резким зимам в Гренландии и на севере Канады. А в отрицательную фазу – в Гренландии и на севере Канады господствуют более мягкие зимы. Большая разность давлений между центрами действия атмосферы в положительную фазу также проявляется в большем количестве и интенсивности штормов, пересекающих Атлантический океан в более северном направлении. В отрицательную фазу NAO разность давлений между центрами действия атмосферы ослабевает, приводя к ослаблению и меньшей повторяемости зимних штормов, пересекающих океан в более зональном направлении.

Были обнаружены синхронные и асинхронные корреляционные связи средней месячной температуры воздуха с индексом NAO в январе и феврале для северо-запада России [1, 2, 6, 7]. Значимыми оказались положительные синхронные коэффициенты корреляции в январе и феврале. Также хорошо выражены связи между аномалиями зимней циркуляции и температурой воз-

духа в период с марта до полного разрушения устойчивого снежного покрова на побережье и ледяного покрова на прибрежных акваториях. Объясняется это сильным воздействием аномалии зональной циркуляции и циклонической активности на зимние условия формирования снежного и ледового покрова и последующим влиянием последних на температуру воздуха.

Для выявления связи средней месячной температуры воздуха в Казахстане с Северно-Атлантическим колебания использовался коэффициент корреляции. Были рассчитаны синхронные коэффициенты корреляции. Использовались данные средней месячной температуре воздуха на 19 метеостанциях, расположенных приблизительно равномерно по территории Казахстана. Индексы Северного атлантического колебания приводятся на сайте НУОА ([www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)). Использовался ряд лет с 1960 по 2000 год, длина ряда составила 41 год. Синхронные коэффициенты корреляции были рассчитаны для всех месяцев года, так как NAO существует в течение всего года, в отличие, например от POL, которое проявляется только в зимние месяцы (декабрь – февраль). Результаты расчетов синхронных коэффициентов корреляции ( $r$ ) представлены в таблице.

При длине ряда 41 год и принятом уровне значимости 5 %, критический коэффициент корреляции равен 0,31. Таким образом все значения равные или больше 0,31 являются статистически значимыми. В таблице видно, что на отдельных станциях в некоторых месяцах корреляционные связи между средней месячной температурой воздуха и индексом NAO оказались статистически значимыми.

Так **в январе** на всех станциях отмечаются положительные коэффициенты корреляции ( $r$ ), при этом на 8 из рассмотренных 19 станций, они статистически значимые и изменяются в пределах от 0,33 в Астане до 0,42 в Уральске. Пространственное распределение  $r$  представлено на рис. 1. Как видно происходит уменьшение  $r$  с запада на восток, а статистически значимыми оказались связи на станциях западного и северного Казахстана.

**В феврале** также на всех станциях отмечаются положительные коэффициенты корреляции. Но значимыми они оказались только на четырех станциях: Атырау – 0,33, Уральск – 0,42, Актюбинск – 0,34 и Петропавловск – 0,32. **В марте** отмечаются как положительные, так и отрицательные связи, но при этом нет ни одного значимого коэффициента корреляции.



Синхронные коэффициенты корреляции между индексом NAO и средней месячной температурой воздуха

Станция	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Алматы	0,15	0,12	-0,24	-0,26	-0,04	-0,08	-0,25	0,18	-0,12	-0,18	-0,28	-0,17
Тараз	0,20	0,05	-0,20	-0,25	-0,08	-0,06	-0,17	0,16	-0,08	-0,11	<b>-0,31</b>	-0,12
Талдыкорган	0,15	0,06	-0,09	-0,27	-0,05	-0,18	-0,13	0,07	-0,14	-0,10	<b>-0,32</b>	-0,16
Шымкент	0,14	0,02	-0,29	<b>-0,40</b>	-0,10	-0,13	-0,26	0,30	-0,14	-0,15	<b>-0,37</b>	-0,13
Кызылорда	0,26	0,23	-0,17	<b>-0,42</b>	-0,20	<b>-0,32</b>	-0,09	0,29	-0,13	-0,19	-0,25	-0,08
Ак-Кудук	<b>0,38</b>	0,15	-0,13	<b>-0,41</b>	<b>-0,42</b>	<b>-0,46</b>	-0,09	0,15	-0,16	-0,20	<b>-0,35</b>	0,03
Актау	<b>0,38</b>	0,15	-0,12	<b>-0,41</b>	<b>-0,41</b>	<b>-0,48</b>	-0,15	0,21	-0,13	-0,20	<b>-0,38</b>	0,00
Атырау	<b>0,39</b>	<b>0,33</b>	-0,10	<b>-0,45</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,45</b>	-0,10	0,09	-0,09	-0,25	-0,28	0,12
Уральск	<b>0,42</b>	<b>0,42</b>	0,04	<b>-0,33</b>	-0,23	<b>-0,50</b>	-0,13	-0,04	0,16	-0,08	-0,13	0,22
Актюбинск	<b>0,40</b>	<b>0,34</b>	0,01	<b>-0,37</b>	-0,25	<b>-0,46</b>	-0,20	0,03	0,02	-0,12	-0,24	0,19
Кустанай	<b>0,36</b>	0,26	0,00	<b>-0,31</b>	-0,15	<b>-0,41</b>	-0,11	0,25	0,11	-0,12	-0,12	0,15
Петропавловск	<b>0,40</b>	<b>0,32</b>	0,09	-0,27	0,00	-0,21	-0,08	0,13	0,14	-0,14	-0,02	0,09
Астана	<b>0,33</b>	0,17	0,03	-0,29	-0,08	-0,22	-0,06	0,10	0,00	-0,15	-0,11	-0,03
Павлодар	0,30	0,21	0,22	-0,28	-0,02	0,07	0,12	0,05	-0,09	-0,01	-0,09	-0,11
Караганда	0,25	0,08	0,04	<b>-0,33</b>	-0,14	-0,16	-0,05	0,13	-0,13	-0,16	-0,12	-0,03
Жезказган	0,29	0,11	-0,14	<b>-0,39</b>	-0,24	<b>-0,35</b>	-0,14	0,20	-0,03	-0,18	-0,17	0,04
Балхаш	0,13	0,16	-0,11	-0,28	-0,04	-0,18	-0,01	0,09	-0,10	-0,10	-0,14	0,03
Семипалатинск	0,25	0,21	0,16	-0,21	-0,06	0,03	0,06	-0,06	-0,08	0,07	-0,15	-0,14
Усть-Каменогорск	0,12	0,11	0,16	-0,15	-0,07	0,18	0,12	-0,04	-0,13	0,15	-0,20	-0,23

Примечание: Жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.



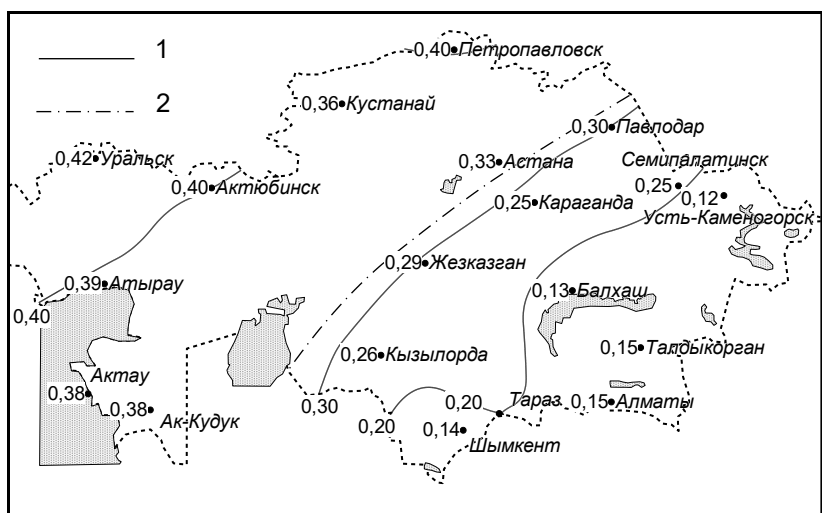


Рис. 1. Пространственное распределение синхронных коэффициентов корреляции между индексом NAO и средней месячной температурой воздуха в январе: 1 – линии равных значений коэффициентов корреляции; 2 – критическое значение коэффициента корреляции.

**В апреле** на всех станциях коэффициенты корреляции оказались отрицательными. При анализе пространственного распределения (рис. 2) можно увидеть, что также как и в зимние месяцы отмечается уменьшение значений коэффициента корреляции с запада на восток, от минус 0,45 в Атырау до минус 0,15 в Усть-Каменогорске. Статистически значимые коэффициенты располагаются в западной половине республики.

**В мае, июне и июле** на большинстве станций отмечаются отрицательные коэффициенты корреляции. В мае – значимые коэффициенты корреляции больше критического только в Ак-Кудуке, где  $r$  равен минус 0,42, в Актау – минус 0,41 и в Атырау – минус 0,33. В июне на 8 станциях отрицательные корреляционные связи оказались статистически значимыми, их распределение подобно распределению в апреле, но на востоке Казахстана отмечаются положительные коэффициенты. Коэффициенты корреляции изменяются от минус 0,50 в Уральске до 0,18 в Усть-Каменогорске. В июле связи статистически не значимы для всех станций.

**В августе и сентябре** отмечаются как положительные, так и отрицательные коэффициенты корреляции, но все они статистически не значимы. **В октябре и ноябре** отмечается преобладание отрицательных корреляционных связей. Критическое значение превысили коэффициенты корреляции в ноябре Таразе, Талдыкоргане, Шымкенте, Ак-Кудуке и Ак-



тау (0,31...0,38). В декабре на станциях западного и северного Казахстана отмечаются положительные коэффициенты, на остальной территории – отрицательные, при этом нет ни одного статистически значимого коэффициента корреляции.

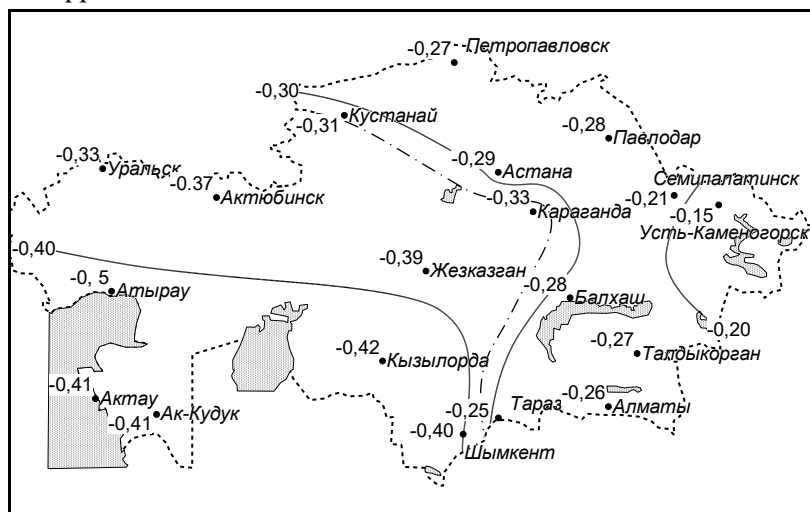


Рис. 2. Пространственное распределение синхронных коэффициентов корреляции между индексом NAO и средней месячной температурой воздуха в апреле. Обозначение линий аналогично рис. 1.

Таким образом, можно сказать, что в январе и феврале средняя месячная температура воздуха в западной половине Казахстана имеет положительную синхронную корреляционную связь с индексом NAO, что согласуется с выводами полученными для Европы и северо-запада России. При усилении Северо-Атлантического колебания усиливается западный перенос воздушных масс, и теплый воздух с Атлантики проникает вглубь евразийского континента, оказывая свое влияние на формирование температурного режима в январе и феврале на западной половине Казахстана. Продвигаясь дальше на восток эти воздушные массы, вероятно, сильно выхолаживаются, взаимодействуя с подстилающей поверхностью, покрытой снегом. Этим объясняется уменьшение коэффициентов корреляции с запада на восток. Во время отрицательной фазы NAO, как было указано ранее, более теплые и влажные воздушные массы перемещаются в район Средиземного моря, а в Европу проникают более холодные воздушные массы с Арктики [1], по-видимому, они достигают и западных районов Казахстана мало трансформируясь.

Из данных таблицы видно, что в период с апреля по июнь наблюдаются значимые отрицательные коэффициенты корреляции – от минус

0,33 до минус 0,50. Тогда как многие авторы, как было отмечено ранее, исследовали лишь зимние синхронные связи NAO с температурой воздуха, утверждая, что в остальные сезоны при значительном увеличении роли радиационного фактора и свойств подстилающей поверхности синхронные связи температуры и циркуляции ослаблены.

Наличие отрицательных корреляционных связей средней месячной температуры воздуха на метеостанциях расположенных в западной половине Казахстана, с индексами NAO в период с апреля по июнь можно, по видимому, объяснить следующим образом: в теплое время года океан оказывается более холодным по сравнению с сушей, которая в это время интенсивно прогревается, соответственно воздушные массы, формирующиеся над океаном, оказываются относительно холодными и насыщенными влагой, а усиленный западный перенос во время положительной фазы NAO переносит эти воздушные массы на континент, вызывая формирование отрицательных аномалий температуры воздуха.

В период с июля по октябрь, а также в декабре статистически значимых коэффициентов корреляции обнаружено не было. Наверное, именно в этот период усиливается роль радиационного обмена и роли свойств подстилающей поверхности, что ослабляет связь температуры воздуха с циркуляционными факторами. Также можно отметить наличие отрицательной корреляционной зависимости между средней месячной температурой воздуха и индексом NAO в ноябре. Но объяснить физический механизм существования такой зависимости пока не удалось.

В заключение можно сказать, что полученные результаты показали наличие статистически значимых синхронных линейных связей средних месячных температур воздуха с индексом Северо-Атлантического колебания в отдельные месяцы, однако даже значимые коэффициенты корреляции в целом невелики. Полученные статистические зависимости требуют более детального физического обоснования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крыжов В.Н. Связь средних месячной, сезонной и годовой температур воздуха на севере России с индексом зональной циркуляции зимой. // Метеорология и гидрология. –2003. – № 2. – С.15-28.
2. Крыжов В.Н. Связь средней годовой температуры воздуха в Северо-западной Евразии с арктическим колебанием. // Метеорология и гидрология. –2004. – №1. – С. 5-14.
3. Jason E. Box. Survey of Greenland instrumental temperature records: 1873–2001. // International journal of climatology. –2002. – № 22. – P. 1829–1847.

4. Schoof J.T, Pryor S.C. An evaluation of two GCMs: North American teleconnections and synoptic phenomena. // International journal of climatology. – 2004. – № 24. – P. 271–283.
5. Scott C. Sheridan. North American weather-type frequency and teleconnection indices. // International journal of climatology. – 2003. – № 23. – P. 27–45.
6. Vladimir N. Kryjov. The influence the winter arctic oscillation on the northern Russia spring temperature. // International journal of climatology. – 2002. – №22. – P. 746-754.
7. Vladimir N. Kryjov Searching for circulation patterns affecting North Europe annual temperature. // Atmospheric Science Letters. – 2004. – № 5. – P. 23–34.
8. Zhi-Yong Yin. Winter temperature anomalies of the North China Plain and macroscale extratropical circulation patterns // International journal of climatology. –1999. – №19. – P. 291-308.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

### **СОЛТҮСТІК-АТЛАНТИКАЛЫҚ АУПІҚУ МЕН ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ АУНЫҢ ОРТАША АЙЛЫҚ ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ БАЙЛАНЫСЫ**

О.С. Игнатенко

*Мақалада Солтүстік-Атлантикалық аупіқудің Қазақстан орташа айлық температурасына әсені қарастырылған. Ол үшін Қазақстанның 19 метеорологиялық станцияларындағы ауаның орташа айлық температурасы мен Солтүстік-Атлантикалық аупіқу индексі арасындағы корреляцияның синхронды коэффициенттері есептелген.*

УДК 551.583

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНОЙ  
ЗАСУШЛИВОСТИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА**Канд. геогр. наук В.Г. Сальников  
А.С. Койлюбаева

*Изучены поля атмосферной засушливости Северного Казахстана в условиях глобального потепления климата, Рассчитаны основные статистические характеристики, получены графики и гистограммы распределения. Проведен спектральный анализ. Показано на неоднородность основных тенденций атмосферной засушливости Северного Казахстана и наибольшую повторяемость 2-х, 7 и 20-ти летней цикличности.*

Проблема оптимального использования природных ресурсов включает в себя решение большого круга задач, являющихся объектом изучения разделов науки. При этом оценка климата как компонента географической среды, участвующего в формировании естественной основы производства, должна идти в первую очередь по линии учета неблагоприятных для различной хозяйственной деятельности человека погодных условий. Одно из таких условий – атмосферная засуха, относящаяся к числу грозных явлений погоды.

Засуха, как известно, представляет собой временное явление резкой засушливости в атмосфере и почве, проявляющееся на фоне длительного бездождья. Она нередко бывает настолько жесткой, что спорадически нарушает протекающие в природе процессы, как в органическом, так и неорганическом мире. Борьба с засухой остается актуальной и в настоящее время, о чем свидетельствуют литературные и научные источники. Следует отметить, что атмосферная засуха воздействует определенным образом и на таяние ледников, обмеление рек, оттаивание верхних горизонтов многолетней мерзлоты, иссушение водоемов. Она создает предпосылки к возникновению лесных пожаров, ветровой эрозии почв и понижению уровней грунтовых вод. Интенсивная и устойчивая атмосферная засуха, как известно, формирует почвенную засуху.

Таким образом, широкий ареал воздействия атмосферной засухи на природу в условиях различных климатов предопределяет общий характер и

направленность ее исследования, как метеорологического явления резкой засушливости, объективно проявляющейся в атмосфере, независимо от реакции на нее многих объектов природы, чему и посвящена настоящая работа.

Наряду с традиционными методами, такими как статистический анализ рядов атмосферной засушливости, изучения формирования экстремальных случаев, в рамках нашей работы были использованы дополнительные подходы. Были построены и проанализированы гистограммы распределения параметра засушливости. Кроме того, значительный интерес представляет результаты изучения цикличности атмосферной засушливости на основе проведения цифрового спектрального анализа.

Изучая динамику влаги в почве, заведующий Одесским опытным полем В.Г. Ротмистров, впервые сформулировал сущность засухи, как продолжительного бездождного периода, приводящего к исчерпанию усвояемых растениями запасов влаги в корнеобитаемом слое почвы. Это классическое определение засухи вошло в литературу и сохранило свое значение в наше время. Бездождье, сопровождающееся высокой температурой, обуславливает атмосферную засуху, которая при длительном действии приводит к иссушению почвы и появлению почвенной засухи. Засуха усиливается при увеличении скорости ветра.

Различают несколько типов засухи – атмосферную, почвенную и физиологическую. Атмосферная, или воздушная, засуха является следствием продолжительного бездождного периода с низкой влажностью и высокой температурой воздуха. Почвенная засуха наступает при нарастающем иссушении почвы, в результате чего поступление воды в корни растений замедляется или совершенно прекращается. Растения страдают от недостатка влаги. Особенно неблагоприятно для растений одновременное проявление атмосферной и почвенной засухи. Долговременное бездождье для растений не так страшно, когда в почве имеются достаточные запасы влаги. Влияние засухи усиливается при высоких температурах воздуха ночью, так как растения при этом не имеют даже временного отдыха.

Явление почвенной засухи связано с недостаточными весенними запасами воды в метровом слое почвы. Осадки, увлажняющие поверхностный слой почвы глубиной 10...20 см, не могут обеспечить формирование урожая, так как основной запас влаги в глубоких слоях не пополняется на протяжении летних месяцев, а лишь расходуется растениями. Особенно угрожающей становится почвенная засуха, когда дождливая погода резко сменяется засушливой. Засушливые явления ни откуда не приходят

и никуда не уходят, а возникают на месте и там же исчезают в результате сложной взаимосвязи разнородных природных факторов, усиливаемых или ослабляемых деятельностью человека. В их возникновение вносят соответствующие вклады макромасштабные атмосферные процессы, характерные для вегетационного периода, экологические свойства растений, не достаточный водный режим почвы и не приспособленная к засухам агротехника [1]. Обычно продолжительное бездожде сопровождается аномальной температурой, значительно превышающей среднюю многолетнюю норму, в таких случаях даже на севере наблюдается жаркая погода.

Основной причиной образования засух в Казахстане является вторжение холодного воздуха с севера, северо-запада или запада, и формирование за холодным фронтом мощного антициклона. Воздух, поступающий из арктических районов, содержит мало влаги. Продвигаясь к югу, этот воздух прогревается и по мере повышения температуры в нем увеличивается дефицит влаги, он становится еще суше. Образовавшийся дефицит начинает пополняться за счет влаги, которая содержится в почве – усиливается процесс иссушения почвы [2].

Антициклоны обычно перемещаются медленно, что создает условия для дальнейшего усиления засухи. В начале засухи температура воздуха ночью относительно низка. Но чем продолжительнее жара и бездожде, тем меньше ночное выхолаживание. Это обуславливает увеличение транспирации растений. Наступает резкое несоответствие между усиливающейся потребностью растений во влаге и ее поступлением из почвы. При формировании засух важным условием является не только малооблачная погода, но и боковой вынос влаги в приземном слое в антициклоне за пределы рассматриваемой территории.

По времени возникновения, и продолжительности действия выделяют три типа засух: весенние, летние и осенние [3]. Весенняя засуха характеризуется относительно низкими температурами, низкой относительной влажностью воздуха, сухими ветрами. Летняя засуха характеризуется низкой относительной влажностью, высокой температурой воздуха, большим испарением. Она приостанавливает накопление вегетативной массы, пророст корней и клубней, может вызвать щуплость зерна. Поскольку к моменту возникновения летней засухи в степных и лесостепных районах запасы влаги в пахотном слое являются недостаточными, летняя засуха оказывает гораздо более сильное отрицательное воздействие на растения, чем весенняя. Осенняя засуха опасна лишь для озимых и позднеспелых культур.

Систематическое исследование засух начато со второй половины девятнадцатого века. За это время предложено немало критериев засухи с выделением ее типа, в том числе атмосферной, почвенной и смешанной [6, 7, 8, 9]. Степень засушливости определялась с помощью различных показателей или коэффициентов, характеризующих обеспеченность влагой исследуемой территории; процентным отношением осадков к норме, т.е. к многолетнему среднему их количеству; учетом эффективных осадков и исследованием периодов без таких осадков; снижением урожая сельскохозяйственных культур; учетом запаса влаги в почве.

В нашей статье, для характеристики явления засушливости получения сопоставимых результатов с ранее выполненными исследованиями, был использован параметр атмосферной засушливости  $S$ , предложенный Д.А. Педем [2].

$$S = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta R}{\sigma_R}, \quad (1)$$

где,  $\Delta T$ ,  $\Delta R$  – аномалии средней месячной температуры и осадков,  $\sigma_T$ ,  $\sigma_R$  – среднее квадратическое отклонение для температуры и осадков.

Установлено, что при  $S \geq 1$  – дается класс атмосферной засушливости, при  $-1 < S < 1$  – норма, при  $S \leq 2$  – катастрофическая засуха, при  $S \leq -1$  – увлажнение и при  $S \leq -2$  – избыточное увлажнение.

К настоящему времени выполнено довольно много исследований явления засушливости для Казахстана [4, 5, 10]. Но полученные результаты не в полной мере удовлетворяют растущим потребностям их прогноза, особенно в условиях глобальных изменений климата и возможного смещения основных климатических зон. Поэтому необходимы дополнительные исследования этого явления, особенно для Казахстана, где число природоохранных отраслей народного хозяйства, зависящих от засух, достаточно велико.

На первом этапе были рассчитаны основные статистические характеристики для рассматриваемых станций за период с 1957 по 1997 годы. В качестве примера полученные результаты приведены в табл.1.

Анализ полученных результатов показывает, что минимальное значение  $S$  за весь рассматриваемый период составило минус 5,7 (август 1971 года на станции Петропавловск), а максимальное – равно 4 (июль 1989 года на станции Кустанай). Коэффициент асимметрии ( $A_s$ ) для всех станций отрицательный и составил примерно минус 0,2. Коэффициент эксцесса ( $E_s$ ) также для большинства случаев отрицательный и составил минус 0,8.

Таблица 1

Статистические характеристики параметра засушливости на станции Кустанай

Месяц	n	Среднее	min	max	D	As	Std. Err. As	Es	Std. Err Es
апрель	40	-0,05	-3,44	3,24	1,62	-0,16	0,37	-0,46	0,73
май	40	0,03	-3,12	3,34	1,70	0,23	0,37	-0,82	0,73
июнь	40	-0,04	-5,47	3,26	1,74	-0,68	0,37	1,23	0,73
июль	40	0,05	-3,24	3,74	1,68	-0,05	0,37	-0,51	0,73
август	40	-1,68	-5,23	2,81	1,72	0,29	0,37	0,23	0,73

*Примечание:* D – дисперсия, As – асимметрия, Std.Err. As – стандартная ошибка асимметрии, Es – эксцесс, Std.Err.Es – стандартная ошибка эксцесса, n – длительность исследуемого ряда в годах.

На следующем этапе были построены гистограммы распределения, которые дают наглядное представление о повторяемости градаций параметра засушливости. На ряде станций (Кустанай – апрель) прослеживается одинаковая повторяемость, как увлажнения, так и засушливости, т.е. распределение близко к нормальному (рис. 1).

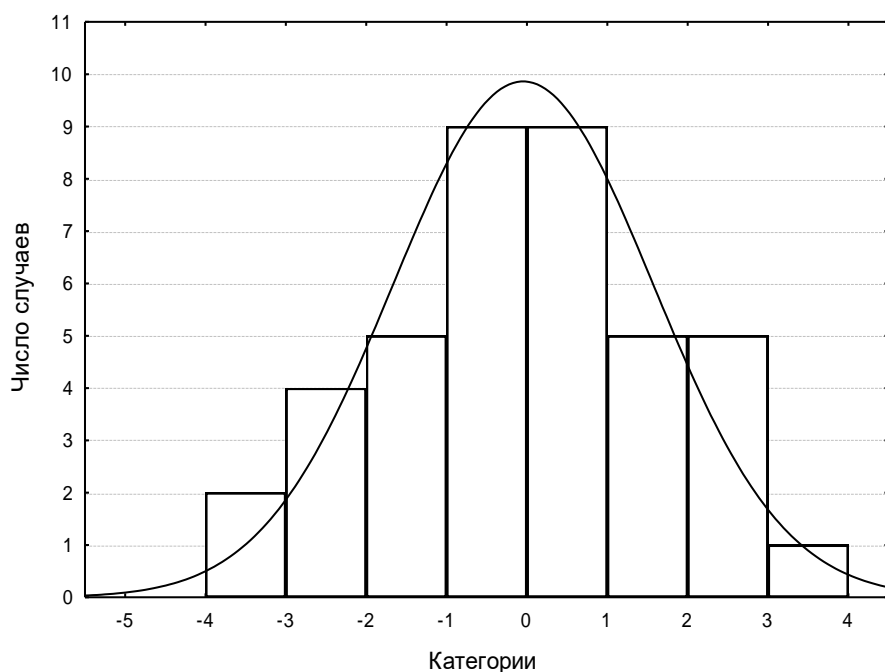


Рис. 1. Гистограмма распределения параметра засушливости на станции Кустанай в апреле.



В остальные месяцы наблюдалось неоднородное распределение параметра засушливости. Далее был построен календарь сильных засух и избыточного увлажнения Северного Казахстана (табл. 2).

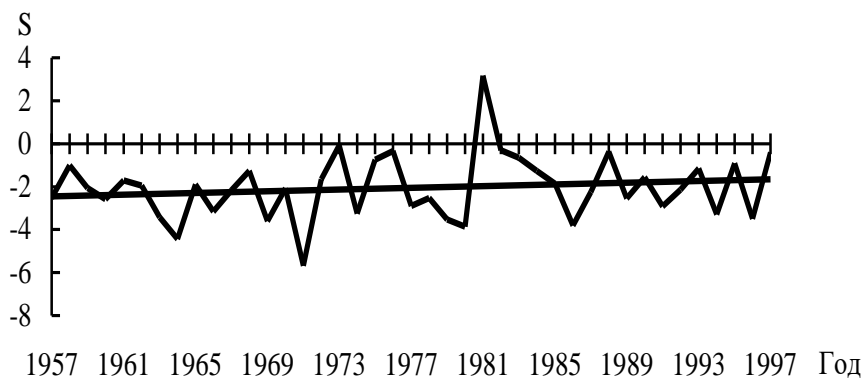
Таблица 2

Календарь засух и избыточного увлажнения Северного Казахстана

Значения S	Месяц				
	апрель	май	июнь	июль	август
Петропавловск					
$S \geq 2$	1962, 1967, 1957, 1968, 1963, 1965, 1962, 1965, 1981 1986, 1991, 1974, 1980	1966, 1967, 1967, 1983, 1987, 1983, 1984 1988, 1989, 1989 1990, 1991, 1994, 1996			
$S \leq -2$	1964, 1987, 1960, 1966, 1979 1996	1969, 1970 1972		1994	1957, 1959, 1960, 1964, 1971
Астана					
$S \geq 2$	1977, 1995, 1961 1997	1965, 1963, 1967, 1965, 1966, 1976, 1981, 1974, 1976, 1969, 1977, 1984 1977	1982, 1988, 1990, 1991, 1994, 1997		1983
$S \leq -2$	1958, 1964, 1958, 1969, 1960 1978, 1979, 1971 1987			1958, 1960, 1957, 1959, 1961, 1972, 1960, 1962, 1990, 1994	1967, 1969, 1971, 1989
Кокшетау					
$S \geq 2$	1991, 1995, 1957, 1962, 1962, 1977, 1965, 1974, 1976, 1981 1997	1968, 1977, 1982, 1983, 1988, 1989 1980, 1991	1987, 1988, 1991, 1994, 1996		
$S \leq -2$	1965, 1979, 1960, 1968, 1979, 1992 1981, 1987, 1969, 1970, 1996	1971		1958, 1959, 1959, 1960, 1960, 1985, 1963, 1969, 1990, 1994	1970, 1971, 1977, 1979, 1980, 1994
Костанай					
$S \geq 2$	1962, 1967	1957, 1958, 1963, 1977, 1962, 1965, 1976, 1979, 1961, 1968	1987, 1988, 1966, 1971, 1981, 1984, 1989, 1991	1975, 1979, 1988 1980, 1981	
$S \leq -2$	1969, 1987, 1960, 1969 1996		1967, 1979, 1960 1992		1957, 1959, 1960, 1965

По данным таблицы можно выделить годы с сильной засухой по месяцам, наблюдавшейся по большинству станций: в апреле – 1957, 1959, 1963, 1962, 1967, 1975, 1982, 1983, 1986, 1987, 1988, 1990, 1991, 1995, 1997; в мае – 1957, 1959, 1961, 1962, 1965, 1977, 1982, 1987, 1991; в июне – 1957, 1958, 1960, 1961, 1962, 1963, 1965, 1975, 1977, 1989, 1991; в июле – 1962, 1965, 1974, 1988, 1991; в августе – 1966, 1975, 1981.

Также были построены графики временного хода параметра засушливости.



*Рис. 2. Временной ход параметра засушливости (S) на станции Петропавловск в августе.*

Их анализ показывает на довольно сложный характер временного хода параметра  $S$ . Проведена дополнительная обработка рядов, в частности их аппроксимация линейным трендом. Результаты аппроксимации указывают, что на большей части станций наблюдается тенденция к постепенному увеличению засушливости.

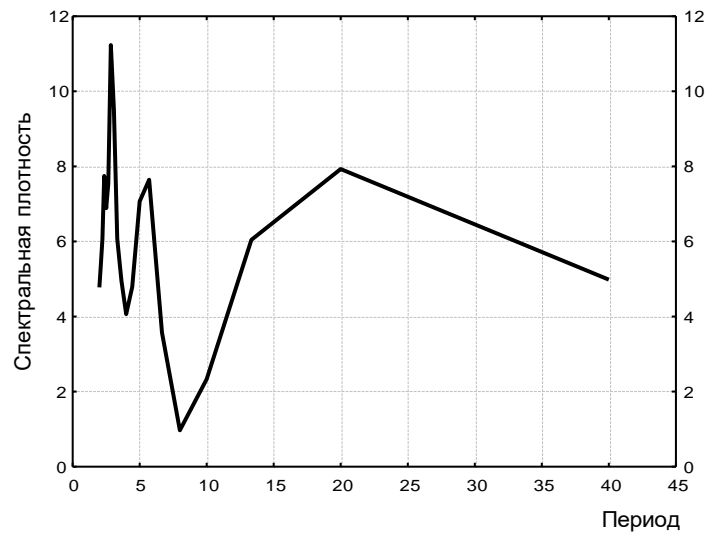
Однако, на станции Петропавловск в августе месяце, за весь рассматриваемый период лет, параметр атмосферной засушливости изменялся в пределах от 0 до минус 6, то есть отмечалось увлажнение. Исключение составил август 1981 года, где параметр  $S \geq 3$ , это говорит о том, что в Петропавловске, в это время отмечалась сильная засуха (рис. 2).

Кривые временного хода носят колебательный характер, что указывает на наличие цикличности появления засушливости и избыточного увлажнения, которую обычным способом, т.е. аппроксимацией линейным трендом выявить невозможно.

Для оценки периодичности появления засушливости и избыточного увлажнения, был проведен спектральный анализ, который позволяет охарак-

теризовать его частотный состав. Анализ был проведен для теплого периода с 1957...1997 годы, для станций Петропавловск, Кокчетав, Астана и Кустанай.

В качестве примера приведены результаты спектрального анализа рядов  $S$  на станции Кокчетав в мае (рис. 3).



*Рис. 3. Спектральный анализ параметра атмосферной засушливости на станции Кокчетав в мае.*

В апреле на рассматриваемых станциях отмечается 20-ти летняя цикличность, которая связана, по всей видимости, с солнечной активностью. На станции Кустанай отмечается 2-х летняя цикличность, которая является следствием квазидвухлетней цикличности ветра в экваториальной стратосфере. Также отмечается 6-7 летняя цикличность временного хода параметра  $S$ . Для мая выражена наиболее ярко квазидвухлетняя цикличность на станциях Кокчетав, Кустанай и Астана (рис. 3). 20-ти летняя цикличность временного хода параметра засушливости характерна для станции Петропавловск. В июне, в Кокчетаве, Астане, Петропавловске наблюдается периодичность повторяемости засух в 6 лет. Для станции Кустанай характерна 2-х летняя повторяемость засух. Характер цикличности в июле месяце несколько иной. Так, на станции Петропавловск и Кустанай ярко выражена 2-х летняя цикличность, менее выражена, но хорошо представлена также 6...7 летняя цикличность. На станции Астана наблюдается как 20-ти летняя цикличность, так и 2-х летняя цикличность. В Кокчетаве отмечается периодичность повторяемости засух в 7 лет. Что же касается августа, то здесь на станциях Кустанай и Астана ярко выражена 2-х летняя

цикличность временного хода параметра  $S$  и менее выражена, но хорошо представлена 6...7 летняя цикличность засух.

На станциях Петропавловск и Кокчетав, наоборот, ярко выражена 6...7 летняя цикличность и менее выражена, но хорошо представлена 2-х летняя цикличность временного хода параметра  $S$ .

Таким образом, анализ временного хода параметра показывает что, несмотря на то, что, на большинстве исследуемых станций число случаев с избыточным увлажнением превышает число случаев с засухой, тем не менее, наблюдается тенденция к увеличению засушливости. На рассматриваемых станциях хорошо выражена 2-х, 7 и 20-ти летняя цикличность этого явления.

Полученные результаты могут быть использованы в процессе разработки схемы прогноза изучаемого явления. Тем не менее, для того чтобы иметь возможность практического применения полученных результатов, необходимо провести дальнейшие исследования по изучению роли процессов в атмосфере, астрономических факторов и других геофизических условий на формирование засушливости и избыточного увлажнения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давитая Ф.Ф. Засухи в СССР и научное обоснование мер борьбы с ними по природным зонам. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – С. 48-51.
2. Педь Д.А. О показателе засухи и избыточного увлажнения. // Труды Гидрометцентра СССР, 1975. – Вып. 156. – С.19-38.
3. Давид Р.Э. Избранные работы по сельскохозяйственной метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – С. 45-48.
4. Чичасов Г.Н., Скакова Д.А. О некоторых особенностях формирования засушливых и влажных лет в Северном Казахстане. // Труды КазНИИ, 1987. – Вып. 110. – С. 20-25.
5. Утешев А.С. Атмосферные засухи и их влияние на природные явления. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 153 с.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 265-282.
7. Селянинов Г.Т. Происхождение и динамика засух. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – С. 36-44.
8. Каминский А.А. Типы засух и равнинных суховеев в СССР. // Труды ГГО и Института климатологии, 1937. – Вып. 1. – С. 32-38.
9. Бова Н.В. О климатическом изучении засух на юго-востоке СССР. // Труды ГГО, 1952. – Вып. 29. – С. 32-46.

10. Сальников В.Г. Условия формирования и методика долгосрочного прогноза аномалий температуры воздуха и атмосферной засушливости летом в Казахстане. – М.: Гидрометеоцентр, 1989. – С. 80-90.
11. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – С. 12-28.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби.  
 Научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

СОЛТІСТІК САЗАСТАНДАҒЫ АТМОСФЕРАЛЫҚ  
 СұРАСШЫЛЫСТЫҢ КЛИМАТТЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Геогр. Ғылымд. канд.                      В.Г. Сальников  
    А.С. Сойлыбаева

*Климаттың кәлемді жылыну жағдайында Солтүстік Сазақстандағы атмосфераның жіржаішылығ алабы зерттелінген. Негізі статистикалығ ерекшеліктері есептелінген, кестелер ж.,не гистограмманың таралуы алынған. Спектральды талдау жүргізілген. Солтүстік Сазақстанның атмосфералығ жіржаішылығның негізгі тенденциясының ісасі еместігі ж.,не 2, 7 ж.,не 20 жылдығ циклділік бірішама жійталануы кәрсетілген.*

УДК 551.552

**РЕЖИМ ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА**

Канд. физ.-мат. наук

Е.В. Боголюбова

С.З. Сайдуллаев

*В работе проведен сравнительный анализ режима ветра для периодов 1936...1980 гг. и 1980...1997 гг.. Рассмотрены синоптические ситуации для случаев с сильным ветром (более 10 м/с) за 1990 г и выяснено, что такие скорости ветра чаще всего наблюдались в штормовой зоне. Проведен анализ особенностей изменений ветра с высотой и построены профили ветра для того же периода.*

Ветер играет большую роль в деятельности человека. Он в ряде случаев может значительно пополнить местные природные энергетические ресурсы. Особенно в тех районах, где топливные и гидрологические виды энергии отсутствуют или практически незначительны. Чтобы использовать полезную деятельность энергии ветра и максимально смягчить его вредное влияние необходимо знать особенности ветрового режима, метеорологические условия возникновения ветра и иметь возможность прогноза ветра в различных регионах с различной заблаговременностью [1].

В нашей работе были исследованы некоторые климатические характеристики ветра по северной половине Казахстана (на станциях Актобе, Караганда, Семей, Астана, Павлодар, Кустанай и Петропавловск). Одной из характеристик ветрового режима является среднемесячная скорость ветра, поэтому был проделан сравнительный анализ этой величины, представленной в климатическом справочнике и рассчитанной для последних лет. В климатическом справочнике представлены значения среднемесячной скорости ветра за период 1936...1980 гг. Её значения были пересчитаны для ряда с 1980 по 1997 годы.

Сравнительный анализ данных климатических справочников и рассчитанных данных показал, что во все исследуемые периоды лет наибольшее среднее значение скорости ветра наблюдаются на станции Петропавловск, а наименьшее на станции Семей. Это объясняется разными физико-географическими и циркуляционными условиями. Из сопоставленных данных климатического справочника и таблиц видна тенденция снижения

среднемесячных и годовых скоростей ветра за рассмотренный период. Снижение среднемесячных и годовых скоростей коснулось всех станций. Так на станции Актобе по сравнению с периодом с 1936 по 1980 гг. в период 1980...1997 гг. среднемесячные скорости уменьшались от 4,1 м/с до 2,8 м/с, на станции Караганда от 4,6 м/с до 3,4 м/с, на станции Кустанай от 4,4 м/с до 3,7 м/с и на станции Петропавловск от 5,2 м/с до 4,4 м/с, т.е. наибольшее снижение скорости наблюдается на станциях Актобе и Караганда, соответственно до 1,3 и 1,2 м/с. Наиболее существенное уменьшение скорости ветра было отмечено в Караганде. Максимальные значения годовых скоростей как для данного, так и для ряда с 1980 по 1997 гг. характерны для Петропавловска, а минимальные для Семипалатинска.

Уменьшение среднемесячных скоростей ветра за два последних десятилетия объясняется тем, что длительность последнего рассмотренного периода наблюдений значительно меньше предыдущего и, скорее всего, недостаточна для окончательных выводов об изменениях ветрового режима, но о тенденции последних десятилетий говорить можно. Однако некоторый вклад в уменьшение среднемесячной и годовой скорости ветра за последний рассмотренный период вносит степень открытости флюгера. Скорость ветра существенно меняется в зависимости от местных условий, т.е. от характера ландшафта и защищенности флюгера строениями, деревьями, от близости водоемов и особенностей рельефа [2]. Поэтому при необходимости определить скорости ветра хотя бы с точностью до 1 м/с надо пользоваться сведениями и о местоположении станции. Разница в среднемесячных значениях скорости ветра на разных метеостанциях Казахстана может определяться, прежде всего, не отдаленностью этих пунктов друг от друга, а степенью открытости флюгера. В связи с застройкой местности вокруг территорий станций защищенность флюгера значительно увеличилась, и регистрируемые скорости ветра соответственно могли уменьшиться за счет этого фактора.

В годовом ходе скорости ветра по всей территории Казахстана независимо от степени защищенности флюгера сохраняется определенная закономерность: наибольшие скорости наблюдаются в зимне-весенний период (максимальная, как правило, в марте, иногда в феврале), наименьшие скорости в летне-осенний период (минимум преимущественно в сентябре) [3]. Кривые годового хода на станциях Северного Казахстана имеют в большинстве случаев два максимума – в марте и ноябре, и главный минимум летом. В пунктах Петропавловск и Астана годовой ход скорости

выражен более четко, чем на остальных станциях. Наибольшая амплитуда в годовом ходе отмечается на станции Петропавловск (2 м/с), наименьшая в Семипалатинске и Павлодаре (0,8 м/с). В среднем значение годовой амплитуды равно (1,2 м/с).

При анализе второго исследуемого периода получено, что в годовом ходе максимумы скорости ветра смещены либо на январь, либо на апрель. Так в Актобе, Астане, Кустанае и Петропавловске максимумы отмечаются в январе, а в Караганде, Павлодаре, Семипалатинске – в апреле. В Петропавловске максимум отмечается в январе и апреле (5 м/с). Наименьшее значение наблюдаются в августе. Вторичные максимумы, которые отмечались в первый исследуемый период на четырех станциях, смещены на декабрь, остальные отмечаются в ноябре. Таким образом, в течение двух последних десятилетий изменения отмечались и в годовом ходе.

Важную роль играет изучение данных о повторяемости направлений ветра. Их широко используют при проектировании населенных пунктов, строительстве промышленных предприятий и других сооружений [4]. По данным из климатических справочников и за 1980...1997 гг. были построены “розы ветров” и проведено их сопоставление. Режим ветра Казахстана носит преимущественно материковый характер и определяется он в основном барико-циркуляционными условиями. В холодное время года режим ветра складывается в основном под влиянием Сибирского антициклона, в частности, его западного отрога. В связи с этим, на станциях за 1936...1980 гг., отмечается преобладание ветров восточных направлений (30 % случаев). В лесостепной и степной части Казахстана, в частности, Караганде, Астане, Павлодаре, Кустанае и Петропавловске преобладали ветры юго-западных направлений. В Актобе нет ярко выраженного преобладания того или иного направления ветра. Здесь, в среднем по многолетним данным, несколько выше повторяемость восточных румбов. Это объясняется заметным ослаблением западного отрога Сибирского антициклона и довольно частыми выходами циклонов с юга Каспийского моря и северо-запада ЕТР.

За период с 1980 по 1997 гг. направления ветра на исследуемых станциях значительно изменились и не наблюдалось выраженных преобладающих направлений ветра. Например, в Караганде более высокой была повторяемость ветров южных направлений, в Петропавловске – юго-западных, но не настолько выраженная, как за первый исследуемый пери-



од лет. В Астане одинаково часто отмечались юго-западное, юго-восточное и северо-восточное направление. В Павлодаре и Актюбинске нет ярко выраженных направлений, в Кустанае преобладали почти с одинаковой частотой южное и северное направления ветра, в Семипалатинске, как и за период с 1936 по 1980, преобладали ветры восточных румбов, т.е. два последних рассмотренных десятилетия характеризуются и изменением преобладающих направлений ветра.

Были проанализированы случаи с ветром со скоростью  $> 10$  м/с. Такая скорость ветра интересна по той причине, что она является опасной для многих отраслей экономики и может вызвать разрушение производственных и непроизводственных сооружений. Она способствует образованию турбулентных вихрей при встрече воздушных течений с препятствиями, вызывает эрозию почвы и прочие негативные последствия [5]. По данным кольцевых карт погоды за 1990 г. было выявлено 74 случая с такой скоростью в Актобе, 33 случая в Караганде, 27 случаев на каждой из станций Семей и Астана, 13 случаев в Павлодаре, 34 случая в Кустанае и 66 случаев в Петропавловске. За случай взят срок наблюдения, в который зафиксирована скорость  $> 10$  м/с. Такая скорость отмечалась не во все месяцы года.

Малая повторяемость ветра со скоростью  $> 10$  м/с отмечалась в июне, июле, августе и декабре. Всего за год наибольшая повторяемость ветра со скоростью  $> 10$  м/с, наблюдалась в Актобе (74 случая) и в Петропавловске (66 случаев). На остальных станциях повторяемость не превышала 35 случаев. Наименьшая повторяемость отмечалась на станции Павлодар (13 случаев).

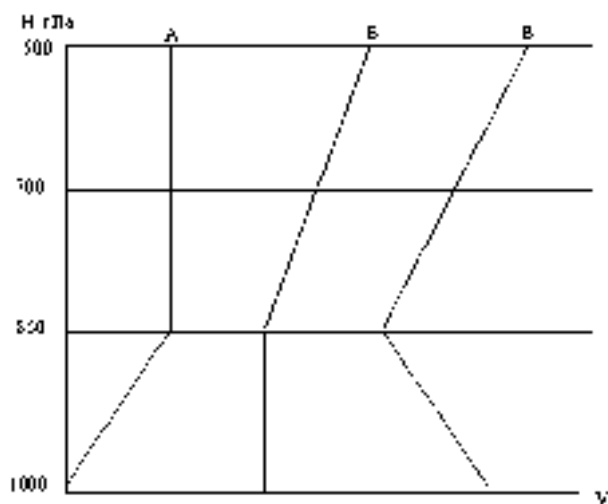
Ветер возникает под действием силы градиента давления. Это значит, что если на некотором участке образуется избыток массы воздуха (высокое давление), то должен произойти отток его в область с недостатком воздуха (низкого давления). Этот отток тем сильнее, чем больше разность давлений. Исходя из этого, мы рассчитали градиенты давления у земной поверхности в тех случаях, когда отмечался ветер со скоростью  $> 10$  м/с. Были получены следующие результаты: при ветре  $> 10$  м/с значения градиентов колеблются от 1,3 до 4,2 гПа/100 км. Видна некоторая закономерность, которая заключается в том, что при скоростях ветра 10...13 м/с градиенты в редких случаях превышают 2,3 гПа/100 км. При скоростях ветра  $> 13$  м/с градиенты в большинстве случаев, как правило, превышают 2,4 гПа/100км, а при  $> 15$  м/с – 2,7 гПа/100 км и больше. Также большие значения градиента давления отмечаются в штормовых зонах и при прохождении холодного фронта. Но если бы на воздушные частицы

действовала только сила барического градиента, то движение совершалось бы всегда в направлении этого градиента, подобно стоку воды от более высокого уровня к низкому. В действительности этого не происходит. При крупномасштабных процессах к термической первопричине возникновения воздушных течений присоединяется действие целого ряда других факторов, которые значительно усложняют атмосферную циркуляцию.

В нашей работе были рассмотрены синоптические случаи при ветре со скоростью  $>10$  м/с за 1990 год. Из анализа следует, что чаще всего (более чем в половине всех случаев) такая скорость ветра на всех станциях наблюдалась в штормовой зоне (100 случаев). Второй благоприятный фактор после штормовой зоны – это зона холодного фронта (55 случаев). Следующий благоприятный фактор – зона тёплого фронта (24 случая), затем вторичные фронты (1 случай) и фронты окклюзии (7 случаев). Наименьшая повторяемость числа случаев со скоростью  $> 10$  м/с характерна для однородной воздушной массы (4 случая) и в случаях волновой деятельности (2 случая). Усиление ветра до 10 м/с и более при волновой деятельности наблюдалось только на станции Семей, а увеличение скорости в однородной воздушной массе – на станциях Караганда и Семей.

Был рассмотрен характер изменения скорости ветра с высотой в слое от земли до поверхности 500 гПа по данным за 1990 год за срок 03 часа. Данные о скорости ветра у поверхности земли и на высотах снимались с кольцевых карт и карт барической топографии. Бралась случаи, когда скорость ветра у поверхности земли была  $> 10$  м/с. и более и были данные о ветре на высотах, случаев с таким ветром оказалось в Актобе 30, в Караганде 13. в Кустанае 34 и в Петропавловске 66 случаев.

Анализ особенностей изменения ветра с высотой показал, что сохраняется общая закономерность увеличения скорости ветра от поверхности земли до уровня изобарической поверхности 500 гПа. Лишь в одном случае на верхней границе нижней половины тропосферы скорость по величине меньше, чем на уровне флюгера. Однако изменение скорости с высотой неодинаково по интенсивности и характеру изменения в слоях Земля...850, 850...700 и 700...500 гПа. Это различие определяется разными барическими ситуациями, характером адвекции температуры на конкретной изобарической поверхности, стратификацией температуры и другими факторами. При анализе было выявлено три типа (А, Б, В) изменения скорости ветра с высотой. Профили были поделены на 3 группы по признакам того, как изменялся ветер от поверхности земли до высоты поверхности 850 гПа (рис.).



*Рис. Типы вертикальных профилей ветра.*

Так в группе А приведены профили, при которых скорость ветра увеличивалась от поверхности земли до поверхности 850 гПа, в группе Б – оставалась постоянной, а в группе В – уменьшалась до высоты 850 гПа.

Каждый тип профиля был разделён на подтипы в зависимости от того, как менялась скорость ветра от поверхности 850 гПа до поверхности 500 гПа. Разделение на подтипы можно считать предварительным, т.к. оно может стать иным при переходе к другой выборке.

Таким образом, анализ вертикальных профилей показал, что в средней и верхней тропосфере господствующим ветром является западный ветер, усиливающийся с высотой, особенно значительно в области струйных течений. Для границ температурных слоёв вообще характерны резкие изменения направления и скорости ветра. Благоприятным условием для возникновения ветра со скоростью  $> 10$  м/с является штормовая зона и холодный фронт. При прохождении фронтов отмечается усиление скорости ветра и резкое изменение направления ветра. Наиболее высокая повторяемость характерна для профиля А<sub>1</sub>, когда скорость ветра увеличивается от поверхности земли (1000 гПа) до уровня 850 гПа. Такой профиль часто наблюдался при штормовых зонах. Самая низкая повторяемость характерна для профиля В.

Увеличение солнечной активности приводят к усилению климатических волн, следовательно, к увеличению меридиональности ОЦА. Увеличение меридиональности ОЦА приводит к возникновению штормовых зон, которые благоприятны для возникновения сильных ветров. Были рассчитаны средние числа Вольфа за месяц за 1936...1980 гг. и 1980...1997 гг. и получены

интересные результаты: в последние годы (1980...1997 гг.) числа Вольфа также уменьшились. Если за период 1936...1980 гг. числа Вольфа колебались от 70,8 (в марте) до 80,6 (в сентябре), то за период 1980...1998 гг. они колебались в пределах от 50,1 (в июне) до 63,3 (в октябре). Если за период 1936...1980 гг. наибольшие значения чисел Вольфа отмечались в августе и сентябре, то за второй исследуемый период они наблюдались в октябре и декабре.

Исследование особенностей ветрового режима на станциях Северного Казахстана показало, что за период с 1980 по 1997 гг. среднемесячные скорости ветра уменьшились, месяцы с максимумами и минимумами в годовом ходе сместились на март-ноябрь и август, преобладающие направления ветров также изменились, за последний исследуемый период не выявлено ярко преобладающих направлений ветра. Скорость ветра 10 м/с наблюдались при градиентах  $>1,3$  гПа/100км, а скорость ветра  $>15$  м/с отмечались при градиентах  $>2,7$  гПа/100км. Наибольшая повторяемость сильных ветров ( $>10$ м/с) характерна для штормовых зон и холодных фронтов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анапольская Л.Е. Режим скоростей ветра Западной Сибири и Казахстана // Труды ГГО. 1958. – Вып. 85. – С. 81 - 101.
2. Гарифулин К.К. Изменчивость ветра в свободной атмосфере. – Л.: Гидрометиздат, 1967. – 139 с.
3. Зинченко В.И. О календарных сроках периодов значительной и не больших повторяемости сильных ветров в Целиноградской области в холодное время года // Труды КазНИГМИ, 1975. – Вып. 51. – С. 101-106.
4. Климат Казахстана. / Под ред. Утешева А.С. – Л.: Гидрометиздат, 1959. – 360 с.
5. Фадеева И.П. Положении ПВФЗ и интенсивности атмосферной циркуляции при продолжительных ветрах  $> 25$  м/с на территории Казахстана и за три-четыре дня до их начало // Труды КазНИГМИ, 1975. - Вып. 51. – С. 106 – 118.

Казахский Национальный Университет им. аль Фараби.

#### СОЛТІСТІК ҚАЗАҚСТАН АЙМАСТАРЫНДАҒЫ ЖЕЛДІҰ ТІЗІМІ

Физ.-мат. Ылымд. канд.

Е.В. Боголюбова

С.З. Сайдуллаев

*Бұл жұмыста 1936...1980 жылдар мен 1980...1997 жылдар арасындағы салыстырмалы талдау қарастырылған және 1990 жыл ішіндегі күшті желдің (10 м/с астам) синоптикалық жағдайлары туралы айтылып өтеді. Желдің биіктікке өз-*

*герісімен және желдің сол уақыт аралығындағы профилдері құрастырылған.*

УДК 608.162

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАБОРА ВОДЫ НА ТЕРРИТОРИИ КНР НА РЕЖИМ РАБОТЫ БУХТАРМИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Доктор геогр. наук С.К. Давлетгалиев  
С.Р. Жанпеисова

*Рассмотрен режим работы Бухтарминского водохранилища при различных возможных значениях забора воды из р. Черный Иртыш на территории КНР.*

Водоохранилище Бухтарминской ГЭС (БГЭС) – крупнейшее в Казахстане. При нормативно подпорном уровне (НПУ) емкость его достигает 49,62 км<sup>3</sup>, площадь зеркала – 5490 км<sup>2</sup>, в том числе 3750 км<sup>2</sup> – площадь оз. Зайсан. При уровне мертвого объема (УМО) его емкость – 18,81 км<sup>3</sup>, а площадь зеркала – 3140 км<sup>2</sup>. Отметка при НПУ равна 394,8 м БС, а при УМО составляет 387,80 м БС.

Водоохранилище осуществляет почти полное многолетнее регулирование стока р. Иртыш. Расположено оно в зоне полупустынь и сухих степей в восточной части Казахстана и простирается более чем на 300 км с севера на юг. Основные водопотребители Бухтарминского водохранилища: коммунально-бытовое водоснабжение, сельское и рыбное хозяйство, промышленность и Государственный природный заказник «Пойма» р. Иртыш. Водопользователи: гидроэнергетика и водный транспорт.

Интересы промышленного, коммунального и сельскохозяйственного водоснабжения, в том числе водозабор в канал им. Сатпаева, должны соблюдаться в течение всего года. Требования водного транспорта заключаются в обеспечении навигационного попуска с 20 апреля по 5 ноября. В этот период среднесуточные расходы не должны быть ниже БГЭС – 430, Устькаменогорская ГЭС (УГЭС) – 500, Шульбинская ГЭС (ШГЭС) – 650 м<sup>3</sup>/с.

В целях поддержания в среднем течении р. Иртыш условий, близких к естественным паводкам, сохранения биологической продуктивности, экологической среды обитания флоры и фауны поймы, имеющей статус Государственного природного заказника, ежегодно в период с третьей декады апреля по вторую декаду мая осуществляются мелкие попуски. Расходы воды этого периода (3000...3500 м<sup>3</sup>/с) складываются из боковой приточности на участке БГЭС – ШГЭС и сброса воды из Бухтарминского водохранилища.

Гарантированная годовая выработка гидроэнергии на БГЭС в соответствии с «Правилами использования водных ресурсов Верхне-Иртышского каскада водохранилищ» составила в 2000 г. 2157 млн. квт. ч, в 2005 г. – 2089 млн. квт. ч, а в 2010 г. должна быть 2037 млн. квт. ч, гарантированные расходы обеспеченностью 95 % для указанных лет соответственно равны 400, 370 и 360 м<sup>3</sup>/с.

По данным Гидропроекта, забор воды в КНР из р. Черный Иртыш к 2005 г. составил примерно 0,375 км<sup>3</sup>, а к 2010 г. он ожидается около 0,750 км<sup>3</sup> [1].

### **Уравнение водного баланса Бухтарминского водохранилища**

Уравнение водного баланса Бухтарминского водохранилища за годовой интервал упрощенно (км<sup>3</sup>) может быть записано в виде:

$$V_k = V_n + V_{нов.} - (E-x) - V_c, \quad (1)$$

где  $V_k$  – конечный объем водохранилища;  $V_n$  – начальный объем водохранилища;  $V_{нов.}$  – приток поверхностных вод к периметру водохранилища;  $E$  – среднеегодовое годовое испарение с поверхности водохранилища;  $x$  – среднеегодовое осадки, выпадающие на поверхность водохранилища;  $V_c$  – сток воды через Бухтарминское водохранилище, т.е. отдача водохранилища.

Приток воды к периметру водохранилища определяется как сумма гидрометрически измеренного стока рек Черный Иртыш у с. Буран, Бухтарма – с. Лесная пристань, Тургусун – с. Кутиха, Нарым – с. Большое Нарымское, Кальджир – с. Черняевка, Курчум – с. Вознесенское. Неучтенный гидропостами приток воды оценивается величиной стока р. Кокпекты, поэтому в величину  $V_{нов.}$  входит сток р. Кокпекты. Величины испарения и осадков приняты приближенно по данным работы [2]. Исследований по определению этих составляющих уравнения водного баланса после 1970 г., насколько нам известно, не проводилось.

### **Оценка влияния забора воды в КНР на режим работы Бухтарминского водохранилища**

Изучение степени заполнения или изменения колебаний уровня водохранилища в зависимости от наступления периодов разной водности, роста безвозвратного водопотребления на территории КНР и изменения отдачи из водохранилища имеет большое научное и практическое значение. Для решения этой задачи может быть использовано приведенное вы-

ше уравнение водного баланса, которое с учетом возможного значения забора воды записывается в виде:

$$V_k = V_n + V_{нов.} - (E - x) - V_c - V_з. \quad (2)$$

Расчет объема водохранилища по уравнению (2) производится по годовым интервалам времени. Переменными составляющими в этом уравнении являются величины притока воды, сток из водохранилища, т.е. гарантированная отдача и объем безвозвратного водопотребления. При исследовании колебаний объема водохранилища по уравнению (2) необходимо соблюдать ограничение, не допускающее сработку водохранилища ниже отметки УМО и наполнение его выше НПУ.

За начало расчетного периода принято первое января 2005 г. с фактическим объемом воды в водохранилище, равным  $V_n = 33,14 \text{ км}^3$ , а величина видимого испарения за год принята  $(E-x) = 2,07 \text{ км}^3$ . Продолжительность расчетного периода – 20 лет. Для характеристики притока воды к периметру водохранилища использованы наблюдаемые данные с 1949 по 1994 гг. и смоделированные 1000 – летние ряды суммарного стока рек, впадающих в Бухтарминское водохранилище. При этом сток из водохранилища  $V_c$  задавался от 250 до 650 м<sup>3</sup>/с в зависимости от степени наполнения водохранилища и притока воды. Величины стока, превышающие гарантированную отдачу или не достигающие ее, назначались при угрозах переполнения водохранилища и сработки объема воды ниже отметки УМО. Объемы безвозвратного водопотребления, т.е. величины забора воды на территории КНР, задавались в пределах 1...7 км<sup>3</sup>/год. Расчеты выполнены для периодов различной водности 25, 50, 75 и 85 % обеспеченности. Такие периоды выбирались из фактических и смоделированных рядов. В первом случае они определялись из ряда наблюдений, сдвинутого на один год, во втором – из смоделированного, методом канонического разложения [3].

Средний расход многоводного периода (25 % обеспеченности), продолжительностью 20 лет, равен 681 м<sup>3</sup>/с, средний расход периода 50 % обеспеченности – 635 м<sup>3</sup>/с, маловодного периода 75 % обеспеченности – 593 м<sup>3</sup>/с. В фактических рядах периоды водности 25 % обеспеченности имели место в 1953...1972 гг., 1955...1974 гг., периоды водности 50 % – в 1959...1978 гг., 1969...1988 гг., 1949...1968 гг., период водности 75 % – в 1963...1982 гг., 1970...1989 гг., 1974...1993 гг. Группировки водности 95 % в рядах наблюдений не обнаружены, в смоделированных рядах такой период также встречается весьма редко. Поэтому в проверочных расчетах использованы группировки водности 75 % и 85 % обеспеченности.



Данные стока периодов различной водности, выбранные по ряду наблюдений, отличаются, в основном, крайними членами ряда, остальные значения стока повторяются. Более разнообразными являются группировки, определенные из смоделированных рядов. В этом случае стоковые ряды существенно отличаются как по величине, так и по месту расположения.

Для расчета выбираются несколько реализаций гидрологических рядов со средним притоком воды, близким к стоку заданной обеспеченности (табл. 1). По этой последовательности стока по уравнению (2) для различных значений объема безвозвратного водопотребления и гарантированной отдачи определена степень наполнения Бухтарминского водохранилища.

Таблица 1

Расчетные смоделированные ряды ( $V_{пов,}$  км<sup>3</sup>) годового притока поверхностных вод в Бухтарминское водохранилище

Год	Годовой приток различной обеспеченности											
	25%			50%			75%			85%		
	выборка			выборка			выборка			выборка		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2005	26,56	16,99	13,48	13,84	10,39	17,43	14,21	22,76	19,34	18,34	28,14	12,75
2006	20,64	11,40	12,83	14,28	22,43	19,88	16,41	18,6	26,46	23,62	9,13	33,99
2007	19,24	23,10	21,3	17,26	29,99	13,39	14,44	15,94	16,6	13,93	25,55	13,11
2008	16,36	27,68	19,89	23,4	22,37	14,55	14,17	20,04	20,2	23,42	12,17	21,60
2009	35,28	22,97	25,05	21,69	18,35	22,22	16,42	22,61	23,18	13,82	15,12	16,46
2010	16,24	22,87	23,84	27,69	21,17	18,40	23,88	17,4	22,81	14,66	10,05	13,53
2011	19,10	32,01	22,54	27,44	19,68	23,4	15,23	17,42	10,21	11,06	19,46	11,60
2012	19,66	27,60	24,52	27,17	15,27	27,55	19,71	24,37	24,17	17,6	24,98	18,93
2013	16,20	26,57	32,17	18,73	24,81	36,07	13,22	21,34	23,36	23,82	14,37	12,38
2014	12,72	14,83	25,92	13,34	21,43	29,68	20,27	19,46	14,32	10,64	12,44	18,92
2015	26,35	13,83	19,99	18,41	19,13	28,07	15,02	28,43	19,01	15,44	18,74	16,88
2016	23,97	22,89	24,81	15,21	11,73	16,21	27,53	27,01	21,04	22,37	17,45	16,89
2017	27,67	12,35	22,58	16,87	13,24	24,14	20,26	16,29	19,05	20,79	14,83	16,88
2018	18,03	14,43	17,19	15,95	13,41	14,35	9,68	20,08	12,21	15,41	11,85	11,76
2019	28,98	13,59	20,05	24,80	24,81	9,02	20,25	16,57	18,55	15,8	21,19	17,81
2020	25,53	29,13	18,32	18,04	10,52	16,26	22,29	18,63	19,28	16,5	9,72	19,31
2021	14,25	26,10	17,46	18,34	31,31	20,66	23,68	14,61	16,19	20,66	12,45	14,31
2022	17,30	25,59	30,64	26,41	30,02	21,29	22,33	13,74	18,53	12,23	22,60	11,68
2023	14,09	20,92	15,18	28,43	22,34	14,17	31,13	14,73	17,75	16,72	16,06	26,44
2024	31,09	24,20	18,00	17,59	23,25	17,98	26,05	16,95	23,09	14,20	21,41	16,32

Результаты расчетов показывают, что в случае наступления многоводных периодов (25 % обеспеченности) и заборе воды в объеме  $V_3 \leq 3...4$  км<sup>3</sup>/год Бухтарминское водохранилище может работать с гарантированной отдачей  $V_c = 450...500$  м<sup>3</sup>/с (14,19...15,77 км<sup>3</sup>). Однако, в слу-

чае наличия в стоковых рядах маловодных серий длиной 3 и более лет (выборка 2) БГЭС не может обеспечить гарантированную отдачу  $450 \text{ м}^3/\text{с}$  в течение всего расчетного периода. Например, в 2019 г. величина  $V_c$  составит  $400 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $12,62 \text{ км}^3$ ). При отъеме безвозвратного водопотребления  $V_3 = 5 \text{ км}^3/\text{год}$  по данным первой выборки водохранилище постоянно может работать с отдачей  $450 \text{ м}^3/\text{с}$ , по данным второй выборки в 2015...2020 гг. отдача урезается до  $400 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $12,62 \text{ км}^3$ ), по данным третьей выборки такая ситуация будет наблюдаться в 2006...2011 гг. Из анализа результатов расчетов, выполненных на основе фактических периодов наблюдений за 1953...1972 гг. и 1956...1975 гг. следует, что при  $V_3 = 4...5 \text{ км}^3/\text{год}$  водохранилище может работать с отдачей  $V_c = 450 \text{ м}^3/\text{с}$ , а при  $V_3 = 6...7 \text{ км}^3/\text{год}$  она сокращается до  $400 \text{ м}^3/\text{с}$ . По данным смоделированных рядов (выборка 2) при указанных значениях водозабора сокращение отдачи может быть существенным, до  $V_c = 350 - 250 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Расчеты, выполненные по отдельным реализациям смоделированных рядов, показывают, что в средний по водности период при объеме водозабора  $V_3 \leq 3 \text{ км}^3/\text{год}$  Бухтарминское водохранилище в течение всего расчетного периода работает с отдачей  $450 \text{ м}^3/\text{с}$  и более. При  $V_3 = 4 \text{ км}^3/\text{год}$  по данным первой и второй выборок указанная отдача  $450...400 \text{ м}^3/\text{с}$  обеспечивается в течение всего расчетного периода, по данным второй выборки она в 2020 г. понизится до  $250 \text{ м}^3/\text{с}$ . Далее в результате наступления многоводной группировки лет гарантированная отдача  $V_c$  восстанавливается и объем воды в водохранилище достигает величины  $47,78 \text{ км}^3$ .

В случае наступления среднего по водности периода, аналогичного 1949...1968 гг., при  $V_3 = 4 \text{ км}^3/\text{год}$  отдача  $V_c = 450 \text{ м}^3/\text{с}$  обеспечивается постоянно, при  $V_3 = 5 \text{ км}^3/\text{год}$  возможно сокращение величины  $V_c$  до  $400 \text{ м}^3/\text{с}$ . При  $V_3 = 6 \text{ км}^3/\text{год}$  величина  $V_c$  составит  $350...400 \text{ м}^3/\text{с}$ . В период водности, аналогичной 1959...1978 гг., при  $V_3 = 4 \text{ км}^3/\text{год}$  отдача  $450 \text{ м}^3/\text{с}$  обеспечивается, при  $V_3 = 5 \text{ км}^3/\text{год}$  она сократится до  $300 \text{ м}^3/\text{с}$  в конце расчетного периода, при  $V_3 = 6 \text{ км}^3/\text{год}$  сток из водохранилища будет равен  $400 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $12,62 \text{ км}^3$ ). При наступлении периода водности, подобного 1969...1988 гг., отличающегося от рассмотренных периодов наличием в стоковых рядах длительных маловодных группировок, даже при  $V_3 = 3 \text{ км}^3/\text{год}$  гарантированная отдача

$V_c = 450 \text{ м}^3/\text{с}$  сохраняется до 2013 г., далее она составит  $400 \text{ м}^3/\text{с}$ , при  $V_3 = 4 \text{ км}^3/\text{год}$  сток из водохранилища в 2019 г. будет  $350 \text{ м}^3/\text{с}$ .

В маловодные периоды с обеспеченностью 75 % при объемах водозабора  $V_3 = 1 \dots 2 \text{ км}^3$  Бухтарминское водохранилище может работать с отдачами  $450 \dots 500 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $14,19; 15,77 \text{ км}^3$ ) (табл. 2), что подтверждается данными выборок 2 и 3 и фактических рядов периода 1963...1982 гг. При несколько иных сочетаниях водности периода (выборка 1 и группировки лет 1970...1989 гг. и 1974...1993 гг.) оно может работать с постоянными гарантированными расходами  $400 \dots 450 \text{ м}^3/\text{с}$ . При  $V_3 = 3 \text{ км}^3/\text{год}$  сохранение постоянной отдачи  $450 \text{ м}^3/\text{с}$  возможно для выборок 2 и 3, а для выборки 1 это приводит к сработке водохранилища до уровня мертвого объема и снижению отдачи до  $250 \text{ м}^3/\text{с}$  (табл. 2). Для этой выборки возможно сохранение постоянной отдачи  $400 \text{ м}^3/\text{с}$ . По данным фактических периодов 1963...1982 гг. и 1970...1989 гг. допустима работа водохранилища с отдачами  $400 \dots 450 \text{ м}^3/\text{с}$ , а данные 1974...1993 гг. обеспечивают нормальную работу водохранилища с  $V_c = 350 \text{ м}^3/\text{с}$ . При  $V_3 = 4 \dots 5 \text{ км}^3/\text{год}$  величина  $V_c$  составит  $350 \dots 400 \text{ м}^3/\text{с}$ , лишь для 1974...1993 гг. она составит  $300 \text{ м}^3/\text{с}$ . В период водности с обеспеченностью, близкой 80...85 % при объеме водозабора  $V_3 = 1 \text{ км}^3/\text{год}$  БГЭС постоянно может работать с отдачей  $400 \dots 450 \text{ м}^3/\text{с}$ . При  $V_3 = 2 \text{ км}^3/\text{год}$  указанная отдача  $400 \text{ м}^3/\text{с}$  поддерживается в начальные годы, затем ее необходимо сократить до  $350 \dots 300 \dots 250 \text{ м}^3/\text{с}$ , при  $V_3 = 3 \dots 4 \text{ км}^3/\text{год}$  она будет изменяться в пределах  $350 \dots 250 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Изучен также режим работы Бухтарминской ГЭС для условий периода 1975...1994 гг., соответствующего средней водности реки. Из анализа этих данных следует, что при объеме водозабора  $V_3 = 1 \text{ км}^3$  в течение всего расчетного периода водохранилище может работать с отдачей  $450 \text{ м}^3/\text{с}$ . При  $V_3 = 2 \dots 3 \text{ км}^3$  водохранилище может работать с постоянным стоком  $V_c = 400 \text{ м}^3/\text{с}$ , при  $V_3 = 4 \text{ км}^3$  – с отдачей  $350 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Таким образом, в многоводные периоды 25 % обеспеченности при объеме безвозвратного водопотребления, равного  $4 \text{ км}^3$ , Бухтарминское водохранилище в течение 20 лет, с 2005 г. по 2024 гг., может работать с гарантированной отдачей  $450 \text{ м}^3/\text{с}$ , что отвечает требованиям судоходства ниже БГЭС. В отдельные годы сток из водохранилища может повышаться до  $450 \dots 500 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Таблица 2

Водно-балансовый расчет объема Бухтарминского водохранилища по данным смоделированных рядов  
(период водности 75 % обеспеченности), км<sup>3</sup>

Год	Выборка 1							Выборка 2						Выборка 3							
	$V_{нов.}$	$V_3 = 1$		$V_3 = 2$		$V_3 = 3$		$V_{нов.}$	$V_3 = 1$		$V_3 = 2$		$V_3 = 3$		$V_{нов.}$	$V_3 = 1$		$V_3 = 2$		$V_3 = 3$	
		$V_C$	$V_K$	$V_C$	$V_K$	$V_C$	$V_K$		$V_C$	$V_K$	$V_C$	$V_K$	$V_C$	$V_K$		$V_C$	$V_K$	$V_C$	$V_K$	$V_C$	$V_K$
2005	14,21	14,19	30,09	14,19	29,09	14,19	28,09	22,76	14,19	36,84	14,19	37,64	14,19	41,71	19,34	14,19	35,22	14,19	34,22	14,19	33,22
2006	16,41	14,19	29,24	14,19	27,24	14,19	25,24	18,6	14,19	39,98	14,19	37,98	14,19	41,05	26,46	14,19	44,42	14,19	42,22	14,19	40,42
2007	14,44	14,19	26,42	14,19	23,42	14,19	20,42	15,94	14,19	38,66	14,19	35,66	14,19	37,73	16,6	14,19	43,76	14,19	40,76	14,19	37,76
2008	14,17	14,19	23,33	14,19	19,33	9,74	19,8	20,04	14,19	41,44	14,19	41,51	14,19	38,51	20,2	17,34	43,55	14,19	46,77	14,19	38,7
2009	16,42	14,19	22,49	12,62	19,06	11,04	20,11	22,61	14,19	46,79	14,19	45,86	14,19	41,56	23,18	17,34	46,32	17,34	48,54	14,19	42,62
2010	23,88	14,19	29,11	12,62	26,25	12,62	26,3	17,4	14,19	46,93	14,19	45,0	14,19	40,0	22,81	17,34	48,72	17,34	49,94	14,19	46,17
2011	15,23	14,19	27,08	12,62	24,79	12,62	23,84	17,47	14,19	47,14	14,19	44,21	14,19	38,21	10,21	173,4	35,45	14,19	41,89	14,19	37,12
2012	19,71	14,19	29,53	12,62	27,81	12,62	25,86	24,37	20,5	47,97	17,34	47,17	14,19	43,32	24,17	17,34	39,21	14,19	47,8	14,19	42,03
2013	13,22	14,19	25,49	12,62	24,34	12,62	21,39	21,34	20,5	45,74	17,34	47,1	14,19	45,4	23,36	14,19	45,3	17,34	49,75	14,19	46,13
2014	20,27	14,19	28,5	14,19	26,85	14,19	22,4	19,46	20,5	41,63	20,5	41,99	14,19	45,6	14,32	14,19	42,37	14,19	45,81	14,19	41,19
2015	15,02	14,19	26,26	14,19	23,61	12,62	19,73	28,43	20,5	46,49	20,5	45,85	20,5	48,46	19,01	14,19	44,12	14,19	46,46	14,19	40,94
2016	27,53	14,19	36,53	14,19	32,88	12,62	29,57	27,01	20,5	49,93	20,5	48,29	20,5	49,9	21,04	14,19	47,9	14,19	49,34	14,19	42,72
2017	20,56	14,19	39,53	14,19	34,88	12,62	32,44	16,29	14,19	48,96	15,77	44,74	14,19	46,93	19,05	14,19	49,69	15,77	48,55	14,19	42,51
2018	9,68	14,19	31,95	14,19	26,3	12,62	24,43	20,08	14,19	47,05	15,77	44,98	14,19	47,75	12,21	14,19	44,64	14,19	42,5	14,19	35,46
2019	20,25	14,19	34,94	14,19	28,29	12,62	26,99	16,57	14,19	46,36	15,77	41,71	14,19	45,06	18,55	14,19	45,93	14,19	42,79	14,19	34,75
2020	22,29	14,19	39,97	14,19	32,32	14,19	30,02	18,63	14,19	47,73	15,77	40,5	14,19	44,43	19,28	14,19	48,05	14,19	43,81	14,19	34,77
2021	23,68	14,19	46,39	14,19	37,74	14,19	34,44	14,61	14,19	45,08	15,77	35,27	14,19	39,78	16,19	14,19	46,98	14,19	41,74	14,19	31,7
2022	22,33	20,5	45,15	14,19	41,81	14,19	37,51	13,74	14,19	41,56	14,19	30,75	14,19	34,26	18,53	14,19	48,25	14,19	42,01	14,19	30,97
2023	31,13	23,66	48,55	20,5	48,37	14,19	49,38	14,73	14,19	39,03	14,19	27,22	14,19	29,73	17,75	14,19	48,74	14,19	41,5	14,19	29,64
2024	26,05	23,66	48,87	20,5	49,85	20,5	49,86	16,95	14,19	38,72	14,19	25,91	14,19	27,42	23,09	20,5	48,26	14,19	46,33	14,19	33,29



В случае полного прекращения подачи воды по р. Черный Иртыш ( $V_3 = 7 \dots 8 \text{ км}^3/\text{год}$ ) БГЭС до конца расчетного периода может работать с отдачей  $350 \text{ м}^3/\text{с}$ , уменьшая сброс из водохранилища в отдельные неблагоприятные периоды до  $300 \dots 250 \text{ м}^3/\text{с}$  и сбрасывая водохранилища до УМО. В средние по водности периоды гарантированная отдача  $400 \text{ м}^3/\text{с}$  обеспечивается при  $V_3 = 3 \text{ км}^3/\text{год}$ . В маловодные периоды с обеспеченностью стока 75 % гарантированная отдача  $400 \dots 450 \text{ м}^3/\text{с}$  обеспечивается при  $V_3 = 2 \text{ км}^3/\text{год}$ , при  $V_3 = 3 \text{ км}^3/\text{год}$  она составит  $400 \dots 350 \text{ м}^3/\text{с}$ , при  $V_3 = 4 \text{ км}^3/\text{год}$  –  $350 \text{ м}^3/\text{с}$ .

В маловодные периоды с обеспеченностью 80...85 % сохранение отдачи  $450 \text{ м}^3/\text{с}$  возможно при  $V_3 = 1 \text{ км}^3/\text{год}$ . При  $V_3 = 2 \text{ км}^3/\text{год}$  отдача из водохранилища может колебаться в пределах  $300 \dots 450 \text{ м}^3/\text{с}$  в зависимости от сочетания водности лет периода.

Все полученные результаты относятся к случаю начального заполнения Бухтарминского водохранилища, равного  $31,14 \text{ км}^3$ , соответствующего 1 января 2005 г. Поэтому результаты расчета относятся к возможному режиму работы БГЭС с 2005 по 2024 гг. При других значениях начального объема водохранилища можно прийти к совершенно другим выводам. Кроме того, все воднобалансовые расчеты выполнены для известного значения притока, что позволило назначить отдачи с учетом предполагаемой водности предстоящего года. Отдачи из водохранилища назначены без учета требований энергетики и строгого соблюдения правил управления водными ресурсами водохранилищ Иртышского каскада. Тем не менее, все воднобалансовые расчеты выполнены таким образом, чтобы обеспечить сохранение отдачи, рекомендованной в [1], в течение всего расчетного периода. Кроме того, выбранный расчетный интервал времени один год дает ориентировочное значение режима работы БГЭС. Для получения более достоверных результатов необходимо все расчеты выполнить по месячным интервалам, с учетом изменчивости величин испарения с водной поверхности водохранилища и атмосферных осадков, выпадающих на его поверхность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила использования водных ресурсов Верхнего Иртышского каскада водохранилищ. Алматы, 2002. – 59 с. (рукопись, Гидропроект).
2. Браславский А.П., Капитонова Н.П. и др. Методика составления водного баланса (на примере водохранилища Бухтарминской ГЭС) // Проблемы гидроэнергетики и водного хозяйства. Алма-Ата, Казахстан, 1970. – Вып.7 – С.80-110.

3. Давлетгалиев С.К., Смагулов Ж.Ж. Статистическое моделирование рядов притока воды в Бухтарминское водохранилище // Вестник КазГУ, серия географ. 2001. №1, – С. 53-58.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби.

БҰҒАМА СУ ҚОҒАМЫНЫҢ ЖҰМЫС Т...РТІБІНЕ СХР  
АЙМАСТАРЫНДА СУДЫ ҚОРШАУ ҒИСПАЛЫНА БАҚА БЕРУ

Геогр. Ғылымд. докторы

С.К. Даулетғалиев

С.Р. Жанпейсова

*СХР аймағындағы Сара Ертіс қ. „р тІрлі мүмкіндіктерді  
мағызы бойынша суды қоршауда Бұғтарма су қоймасының жұмыс  
т., ртібі талқыланды.*

УДК 556.048 + 556.004;65

**РОЛЬ МАЛЫХ РЕК В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ  
ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ Г. АЛМАТЫ**

А.Г. Чигринец

Канд. техн. наук

К.К. Дускаев

*Рассмотрено современное состояние водоснабжения г. Алматы. Приведены краткие сведения о режиме и уточнённые гидрологические характеристики малых рек г. Алматы, дана оценка их экологического состояния и качества воды. Предложены некоторые рекомендации на перспективу по решению проблемы водоснабжения города и прилегающих районов.*

Проблемы водоснабжения и экологические проблемы для города Алматы, как и для других больших городов, являются одними из наиболее актуальных. В решении этих проблем важнейшая роль принадлежит малым рекам г. Алматы (рр. Малая и Большая Алматинки с их основными притоками и протоками).

Бассейны этих рек расположены в большом диапазоне абсолютных высот (около 4000 м): пик Орджоникидзе в верховьях р. Мал. Алматинка имеет высоту 4409,8 м абс, а устьевая часть этой реки расположена на высотах около 500 м. При этом территории бассейнов охватывают 4 высотных пояса: высокогорно-ледниковый (выше 2800...3000 м), среднегорный (от 1400...1500 до 2800...3000 м), низкогорно-предгорный (от 800...900 до 1400...1500 м) и предгорно-равнинный (ниже 800...900 м). Отметим, что город Алматы расположен в диапазоне высот от 650...660 м (п. Первомайка) до 1700 м (спорткомплекс Медео). Для высокогорного пояса характерно наличие оледенения, которое оказывает значительное влияние на формирование стока. Однако по данным [1] в последние десятилетия наблюдается его деградация, связанная с глобальным потеплением климата. По условиям формирования и характеру изменения стока территорию можно разделить на три зоны:

1. зону формирования поверхностного стока;
2. зону потерь стока в рыхлых отложениях конусов выноса;
3. вторичную зону формирования поверхностного стока за счет выклинивания грунтовых вод.



Граница зоны формирования стока проходит в среднем по высотам 1000...1200 м, при выходе рек из гор. Зона выклинивания грунтовых вод, по данным [5, 13, 8], начинается на рр. Большая, Малая Алматинки и на р. Есентай (протоке реки Мал. Алматинка) на высотах около 750 м абс. Причем после благоустройства их русел (облицовка бетоном и устройство плескательных бассейнов) произошло смещение зоны выклинивания вниз на север, что обусловлено снижением фильтрационных потерь поверхностного речного стока и увеличением водозаборов поверхностных и подземных вод.

По водному режиму рассматриваемые реки можно разделить на 4 группы [12]:

1. реки с весенним половодьем и паводками в теплое время года;
2. реки с весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года;
3. реки с летним половодьем и паводками в теплое время года;
4. реки с выровненным ходом стока вследствие повышенного грунтового питания (реки типа «карасу»).

При выходе из гор р. Бол. Алматинка характеризуется летним половодьем, а р. Мал. Алматинка – весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года. Одна и та же река, в зависимости от расположения гидрометрического створа, может иметь различный тип питания и различный внутригодовой режим стока воды. В таблице приводятся основные характеристики стока воды и наносов по некоторым гидрологическим постам, расположенным на основных малых реках г. Алматы и их притоках, полученные с использованием данных фактических наблюдений по 2000 г. включительно.

Водные ресурсы этих рек широко используются для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, промышленного производства, орошения, получения электроэнергии и других целей. На реках построен комплекс селезащитных сооружений.

Пересекая г. Алматы, малые реки испытывают большую антропогенную нагрузку в результате промышленных токсических выбросов в приземный слой атмосферы, почву и воды, сбросов в реки сточных вод и ливневой канализации, засорения русел малых рек бытовыми, промышленными и строительными отходами, загрязнения водоохраных зон и полос. При этом все более опасными становятся трудноустраняемые диффузные источники загрязняющих веществ (химические производства, сельское хозяйство, мелиорация, применение удобрений и пестицидов, атмосферные осадки и др.), которые действуют рассеянно на водосборных площадях.

Средние многолетние характеристики годового ( $Q_0$ , м<sup>3</sup>/с) и максимального ( $Q_{max}$ , м<sup>3</sup>/с) стока воды, стока взвешенных наносов ( $R_0$ , кг/с) малых рек г. Алматы

Река – пункт	Водосбор		Период наблюдений	Число лет	Годовой сток воды				Максимальный сток воды			Годовой сток наносов		
	$F$ , км <sup>2</sup>	$H_{ср.}$ , м			$Q_{ср}$ за период набл., м <sup>3</sup> /с	$Q_0$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	$Q_{0max}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	$R$ , кг/с	$C_v$	$C_s$
Р. Б. Алмаатинка – в 2 км выше оз. БА	71,8	3590	1928...1930, 1951...1998, 2000	52	1,62	1,57	0,18	0,33	9,29	0,25	1,50	0,32	0,74	2Cv
Р. Б. Алмаатинка – в 2 км выше устья р. Проходная	155	3120	1952...1998	49	2,92	2,93	0,14	0,39	12,0	0,49	0,98	0,43	1,19	2Cv
Р. Б. Алмаатинка – в 2 км ниже устья р. Тересбутак	280	2990	1928...1952	25	5,00	4,97	0,18	0,40	23,4	0,34	1,50	1,15	0,92	2Cv
Р. Проходная – устье (Лесной кордон)	82,0	3160	1951...2000	50	1,58	1,57	0,16	2Cv	8,25	0,36	1,44	0,13	0,92	2Cv
Руч. Тересбутак – устье	31,0	2250	1947...2000	54	0,43	0,43	0,31	0,91	3,20	0,94	3,76	0,05	0,75	2Cv
р. М. Алматинка – М Мынжилки	21,0	3660	1936...1938, 1941...1942, 1946...1990, 1995...1997	53	0,27	0,27	0,28	0,97	3,38	0,3	0,3	0,04	1,21	2Cv
р. М. Алмаатинка – г. Алматы	118	2560	1916...1917, 1927...2000	76	2,03	2,03	0,23	2Cv	12,2	0,74	2,96	1,30	1,55	2Cv
Р. Сарысай –	10,0	2760	1942...1944,	53	0,16	0,16	0,23	0,35	5,87	0,83	1,80	-	-	-

Река – пункт	Водосбор		Период наблюдений	Число лет	Годовой сток воды				Максимальный сток воды			Годовой сток наносов		
	$F$ , км <sup>2</sup>	$H_{ср.}$ , м			$Q_{ср}$ за период набл., м <sup>3</sup> /с	$Q_0$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	$Q_{0max}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	$R$ , кг/с	$C_v$	$C_s$
устье			1946, 1948...1966, 1969...1998											
Р. Батарейка – д.о. «Просвещенец» (устье)	5,55	2240	1941...1944, 1946...1998	57	0,067	0,066	0,35	0,85	1,01	0,05	2,40	-	-	-
Р. Казашка – д.о. «Просвещенец»	5,91	2180	1941...1944, 1946...1971	30	0,081	0,079	0,33	1,60	-	-	-	0,002	-	-
Р. Бутаковка – с. Бутаковка	17,2	2120	1940...1944, 1946...2000	60	0,22	0,22	0,32	0,34	2,10	0,66	1,60	-	-	-
Р. Прямуха (Прямая щель) – г. Алматы	31,4	1410	1937, 1940...1941, 1943...1946, 1948...1966, 1968...1971, 1973...1985	43	0,11	0,11	0,35	0,85	-	-	-	-	-	-
Р. Ремизовка – с. Ремизовка	4,24	1750	1941, 1945...1946, 1948...1953, 1976...1980, 1982...1984	37	0,032	0,032	0,33	1,36	-	-	-	-	-	-
Р. Каменка – сан. Каменское плато	6,59	1640	1940...1941, 1948...1951, 1953...1973, 76, 78, 80, 1982...1985	33	0,036	0,037	0,31	1,18	-	-	-	-	-	-
Р. Мойка (Мойка-Карасу) – устье	-	-	1968...1973, 1975...1980	12	0,19	0,20	0,68	1,86	-	-	-	-	-	-

Река – пункт	Водосбор		Период наблюдений	Число лет	Годовой сток воды				Максимальный сток воды			Годовой сток наносов		
	$F$ , км <sup>2</sup>	$H_{ср.}$ , м			$Q_{ср}$ за период набл., м <sup>3</sup> /с	$Q_0$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	$Q_{0max}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	$R$ , кг/с	$C_v$	$C_s$
Р. Ашибулак – с. Карасу	-	-	1965...1969, 1971...1979	14	0,28	0,28	0,15	0,33	-	-	-	-	-	-



В такой экологической обстановке остро возникает необходимость решения комплексной проблемы: бесперебойного водообеспечения г. Алматы и прилегающих районов при условии экологически устойчивого состояния водных объектов, сохранения их от истощения, засорения и загрязнения. Решением отдельных задач этой проблемы занимались различные организации и ведомства.

Несмотря на имеющиеся место недостаточность, трудную сопоставимость, зачастую противоречивость и различия в методике полученной за последние 10...15 лет информации, она имеет большое значение, так как позволяет оценить водные ресурсы и экологическое состояние водных объектов г. Алматы, однако, к сожалению, не всегда с высокой достоверностью. Гидрологические, гидроэкологические, гидрогеологические, физико-химические, гидробиологические, бактериологические и другие исследования позволили выявить источники загрязнения и степень их опасности, оценить качество воды различных водных объектов по физико-химическим и биологическим показателям, оценить водные объекты на острую и хроническую токсичность, а также способность водных объектов к самоочищению.

Прежде всего, по имеющимся данным можно оценить роль малых рек г. Алматы в питьевом водоснабжении города и сфере его влияния. По данным [8], водообеспечение города (максимум 10,6 м<sup>3</sup>/с) осуществляется за счет следующих источников:

1. за счет подземных вод Алматинского, Талгарского и других месторождений – около 70 %;
2. за счет поверхностных вод р. Большая и Малая Алматинки – около 30 %.

Следует отметить, что питьевая вода расходуется не эффективно, прежде всего это потери в водопроводной сети, которые составляют более 20 % [8]. Плата за эту воду из-за отсутствия приборов учета в отдельных квартирах перекладывается на потребителей. При этом значительно превышаются нормы водопотребления (из расчета до 350 л на одного городского жителя в сутки). При наличии квартирных счетчиков расход на одного человека получается обычно намного меньше. Введение учета индивидуального водопотребления – один из самых действенных стимулов для экономии питьевой воды, которое, в свою очередь, должно повлечь за собой улучшение состояния водопроводной сети.

Важнейшей проблемой водообеспечения г. Алматы является оценка качества воды и экологического состояния малых рек. Через город про-

текают реки Мал. Алматинка, Бол. Алматинка и их притоки и протоки – Есентай (Весновка), Казачка, Ащибулак, Теренькара, Султанка, Мойка-Карасу и др. Малые реки обычно имеют небольшую водность, малые глубины, что обуславливает неблагоприятные условия смешения, разбавления загрязнений, низкую самоочищающую способность и зависимость качества их вод от антропогенного воздействия. Загрязняются как поверхностные, так и подземные воды.

Наиболее существенное влияние на качество подземных вод оказывают минеральные углероды и нитраты, которые поступают с канализационными водами и нефтепродуктами. Наиболее загрязненными являются верхние горизонты подземных вод, поэтому в будущем планируется перемещение их добычи из более низких горизонтов [8].

В поверхностных водах рек содержится большое число различных химических элементов и соединений, в том числе тех, которые ранее отсутствовали в биосфере (пестициды, синтетические моющие средства и пр.) Только при токсических выбросах в атмосферу, в поверхностные воды, по данным [9], может поступать более 200 химических элементов и их соединений, которые затем проникают в почву и воду.

По данным Казгидромета выявлено, что основными загрязняющими веществами рек г. Алматы являются нефтепродукты, фенолы, нитраты и тяжелые металлы. Отметим, что ионы тяжелых металлов – цинка, меди, кадмия, железа, свинца и другие относятся к наиболее опасным загрязнителям природной среды, так как, попадая в объекты окружающей среды, они сохраняются длительное время и накапливаются, утилизируясь живыми организмами, вызывая через них различные заболевания [4]. Нефтепродукты и другие вредные вещества, поступающие в реки с автостоянок, АЗС, автодорог и других территорий со стоком талых и ливневым вод, а также из атмосферного воздуха, загрязненного работой автотранспорта, существенно влияют на качество воды. Так, по данным ГорГАИ, в период с 1991 по 1998 г. количество автотранспорта в г. Алматы увеличилось вдвое и к 1998 г. составляло около 204 тыс единиц [9]. Очевидно, что к настоящему времени оно значительно возросло, что, в свою очередь, только усугубило складывающуюся ситуацию с загрязнением воздуха. Благодаря наличию горно-долинной циркуляции воздуха и из-за того, что реки г. Алматы протекают вдоль автомагистралей или пересекают их, загрязнение воды постепенно достигло больших абсолютных высот, даже высокогорно-ледникового пояса. Особенно это относится к р. Мал. Алматинка.

Охарактеризуем кратко экологическое состояние и качество воды основных рек г. Алматы.

*Река Большая Алматинка* – самая многоводная, самая значительная река г. Алматы. По данным Казгидромета [9], в среднем за период 1994...2000 гг. в целом по р. Бол. Алматинка ИЗВ находился в пределах от 0,98 (3 кв.1995 г.) до 2,78 (4 кв.97 г.); для территории г. Алматы ИЗВ изменялся в пределах от 1,95 (1996 г.) до 0,81 (2000 г.), а в створе «0,5 км ниже города», «1,5 км ниже автодорожного моста» ИЗВ изменялся соответственно 1,2 (1994 г.), 1,5 (1995 и 1996 гг.), 1,06 (1997 г.) и 1,08 (2000 г.) [6, 2], что соответствует 3 классу – «умеренно-загрязненная». Источниками загрязнения реки являются промышленные предприятия, многочисленные автостоянки, гаражи, автозаправочные станции и свалки в долине, русле и пойме реки.

В верховье (выше Большого Алматинского озера) вода, в основном, загрязнена нефтепродуктами (в 1994 и 1996 гг. среднегодовое их содержание достигало значений 7,9...8,5 ПДК), а также фенолами (в 1996 г. – 3,8 ПДК). Содержание нефтепродуктов вниз по течению реки постепенно уменьшается и в устье реки стабильно на уровне около 3,5 ПДК [9]. В районе г. Алматы содержание нефтепродуктов, по данным на 2000 г. [2], в среднем достигало 1...2 ПДК. Содержание фенолов при прохождении реки через город увеличивается, особенно ниже створа «0,5 км ниже сброса АХБК», и в устье оно находится на уровне 1,4...2,3 ПДК. Больше всего в пределах города река загрязняется азотосодержащими соединениями, прежде всего нитритами. Содержание их в створе «0,5 км ниже города» составляет около 6...6,5 ПДК, ниже этого створа – около 7...8 ПДК, а в устьевом створе – на уровне 3...4 ПДК [9]. Из тяжелых металлов в воде содержится больше всего железа (общ.) – 1,0...7,9 ПДК. В итоге можно сделать вывод, что воды в створах – р. Бол. Алматинка – «3,5 км выше оз. Бол. Алматинское», в соответствии с критериями оценки загрязненности поверхностных вод, принятых Казгидрометом, относятся к классу «чистые», а в черте города – к классу «умеренно-загрязненные». В результате оценки качества воды и донных отложений по гидробиологическим параметрам загрязнение реки в целом оставалось в течение ряда лет на уровне III класса – «умеренно-загрязненные», острой токсичности в воде не обнаруживалось. Качество воды р. Бол. Алматинка в целом, по общему мнению исследователей, можно отнести к III классу – «умеренно-загрязненная».

*Малая Алматинка* – вторая по среднему годовому расходу река г. Алматы. По данным [2], Мал. Алматинка является наиболее загрязненным притоком р. Или. Качество ее воды формируется под влиянием за-



грязняющих веществ, которые поступают со сбросами сточных вод предприятий, рекреационной и селитебной зон, канализационных вод, с поверхностным стоком талых и ливневых вод и др. По данным Казгидромета [9, 2] в среднем за период 1994...2000 гг., в целом по р. Мал Алматинка ИЗВ колебался в пределах от 1,08 до 3,9, что соответствует 3 классу качества воды – «умеренно-загрязненная». За этот период превышения допустимых норм отмечались: по нефтепродуктам – 2...14,8 ПДК (в пределах города до 6 ПДК), железу (общ.) – 0,6...24,3 ПДК (в черте города до 9,3 ПДК), фторидам – до 1,3 ПДК (в черте города – 0,4 ПДК). Протекая по городской территории, река загрязняется органическими примесями, азотосодержащими соединениями. Наиболее высокие концентрации в воде отмечены по нитритам (до 7,4...15 ПДК в створе 4 км ниже города). Общее состояние реки можно охарактеризовать следующим образом: верховья реки – «чистые», загрязнение выше г. Алматы соответствует III классу – «умеренно-загрязненная», а в черте города достигало IV класса – «загрязненная». По гидробиологическим показателям качество воды р. Мал. Алматинка на всем протяжении характеризуется III классом, то – есть как «умеренно-загрязненная», острой токсичности не обнаружено. При обследовании водных объектов методом биоиндексации вода р. Мал. Алматинка выше спорткомплекса Медео оценена как «отличная» – I класса. В пределах города качество снижается до III класса. В работе [3] приводятся данные Казгидромета за 2001...2002 гг. по загрязнению малых рек г. Алматы в зависимости от сезона года и по длине рек. Выявлено, что максимум загрязнений падает на июль и август – время прохождения максимальных расходов воды. При этом максимальное загрязнение по нефтепродуктам отмечается в верхних створах, а при выходе рек за пределы городской территории концентрации уменьшаются, что связано с осаждением нефтепродуктов и биохимическим окислением, т.е. с процессами самоочищения рек. Однако, в отдельные периоды, река Мал. Алматинка загрязнена настолько, что не справляется с поступающим загрязнением и не происходит улучшения качества воды с увеличением водности в летний период.

Река Есентай (Весновка) – протока р. Мал. Алматинка, сток по которой возобновился после селя 1921 г., ответвляется от р. Мал. Алматинка при выходе из гор. Река Есентай – более загрязненный водный объект, чем реки Мал. и Бол. Алматинка. На всем протяжении реки имеется большое количество стихийных свалок мусора. Хозяйствующие субъекты (предприятия, автостоянки, гаражи, Первомайская нефтебаза и т.п.) загрязняют реку нефтепродуктами, производственными отходами, а также поверх-

ностным стоком талых и ливневых вод. Анализ имеющихся материалов «Казгидромета» и других организаций свидетельствует о том, что р. Есентай загрязнена преимущественно нефтепродуктами – 1...5 ПДК (в границах города до 16,1 ПДК) и железом (общ.) – 0,2...21,5 ПДК (в черте г. Алматы – 8,5 ПДК). По результатам биотестирования в 1994...1998 гг. качество воды показало хроническую токсичность. По оценкам НИИ проблем экологии экологическое состояние р. Есентай охарактеризовано как неудовлетворительное [9, 7].

Следует отметить, что загрязнение рек г. Алматы постепенно увеличивается. Если качество воды р. Бол. Алматинка в 1991 г. в створе выше города соответствовало I классу – «отличное», то уже в 1998 г. оно было II класса – «хорошее». Качество воды р. Мал. Алматинка выше города в 1991...1995 гг. было I класса, а в 1998 г. оно, как и р. Бол. Алматинка, стало II класса. Загрязнение рек г. Алматы в настоящее время пока не превышает возможностей рек к самоочищению, однако оно достаточно велико, и в настоящее время следует проводить серьезные мероприятия по сохранению рек и охране их от загрязнения и истощения.

По нашему мнению основными из этих мероприятий являются следующие:

- реорганизация мониторинга водных объектов г. Алматы (включая и реки типа «карасу») с утверждением головной организации для изучения водных ресурсов, выявления источников загрязнения, оценки качества воды, определения допустимых пределов антропогенного воздействия на водные объекты и других целей;

- разработка и утверждение единых методик по оценке водных ресурсов, экологического состояния водных объектов и определению качества воды по различным показателям, позволяющим получать данные, сравнимые как по результатам, так и по срокам наблюдений и измерений;

- проведение необходимых мероприятий, направленных на экономию и экологизацию водопотребления (устранение водопотерь из системы водоснабжения, учет индивидуального водопотребления, просвещение населения через СМИ и др.);

- строгий контроль выполнения нормативных документов, утвержденных постановлениями Правительства Республики Казахстан [10, 11 и др.].

В существующих рыночных условиях особенно важно, чтобы решение природоохранных задач предшествовало проводимым мероприятиям, поэтому необходимо создание концептуальных динамических математических и других моделей, с помощью которых можно давать прогнозы

изменений состояния водохозяйственной системы г. Алматы в целом при изменении её отдельных компонентов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Уваров В.Е. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. Алматы: "Қазақ университеті", 2001. – 252 с.
2. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод. 2000 г. Казгидромет. – Алматы, 2002. – 80 с.
3. Ешонова С.А., Садыкова Г.Д. Загрязнение рек города Алматы нефтепродуктами // Вестник КазГУ, серия географическая. – Алматы, 2002. – №1(14). – С.98-100.
4. Жаппарова М.Ж., Садыкова Г.Д. О мониторинге содержания тяжелых металлов в природных объектах городов (на примере г. Алматы) // Вестник КазГУ, серия географическая. – Алматы, 2002. – №1(14). – С. 85-90.
5. Мазур Л.П., Дускаев К.К., Чигринец Л.Ю. Измерение руслового водного баланса р.Бол.Алматинка для оценки водных ресурсов и экологического состояния // Вестник КазГУ, сер. экологическая. – Алматы, 1997. – №3. – С.50-56.
6. Оценка качества поверхностных вод в границах влияния г. Алматы на окружающую среду: Отчет о НИР/АГУООС. – Алматы, 1999. – 169 с.
7. Оценка современного экологического состояния и разработка рекомендаций по обустройству водоохраных зон р. Весновка: Отчет о НИР/ КазГУ. – №ГР 0197РК 00122; Инв.№0297 РК 00320. – Алматы, 1996. – 114 с.
8. Оценка современного экологического состояния и разработка рекомендаций по обустройству водоохраных зон р. Большая Алматинка: Отчет о НИР/КазГУ. – №ГР 0197РК 00124; Инв. №0197 РК 00124. – Алматы:, 1996. – 165 с.
9. Правила ведения государственного мониторинга водных объектов, государственного учета вод и их использования. Постановление Правительства Республики Казахстан от 26 января 2004 года № 85.
10. Правила установления водоохраных зон и полос. Постановление Правительства Республики Казахстан от 16 января 2004 года № 42.
11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн оз. Балхаш. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – Т.13. – Вып. 2. – 643 с.
12. Современное состояние использования подземных вод г. Алматы – анализ и рекомендации: Отчет о НИР/АГУООС. – Алматы, 1998. – 103 с.
13. Чигринец А.Г., Дускаев К.К., Мазур Л.П. Основные гидрологические характеристики, современное экологическое состояние и охрана малых

рек г. Алматы // VI Всероссийский гидрологический съезд. Тезисы докладов, Гидрометеиздат, 2004. – С. 282–284.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

**АЛМАТЫ ҚАЛАСЫН СУМЕН ҚАМТУ МӘСЕЛЕСІН ШЕШУДЕГІ КІШІ  
ӨЗЕНДЕРДІҢ РӨЛІ**

А.Г. Чигринец

Техн. ғылымд канд. К.К. Дускаев

*Мақалада Алматы қаласын сумен қамтамасыз етудің қазіргі күйі қарастырылған. Алматы қаласы маңындағы кіші өзендердің режимі және нақтыланған гидрологиялық сипаттамалары келтірілген, өзендердің экологиялық күйі мен суының сапасы берілген. Болашақта қаланы және қалаға іргелес аудандарды сумен қамтамасыз ету мәселесін шешу бойынша ұсыныстар жасалған.*

УДК 577.4:333.93:551.48

**ВОДНЫЙ БАЛАНС ПРИРОДООХРАННЫХ ПОПУСКОВ Р. ШУ**

Доктор техн. наук      А.К. Заурбек  
   Г.С. Сарсекеева

*Для восстановления экосистемы низовий реки Шу необходимо знать все составляющие руслового водного баланса*

Нерациональное использование водных ресурсов бассейна р. Шу привело к деградации природных ресурсов, засолению земель и обострению социального положения в низовьях реки Шу. Для решения проблемы необходимо разработать и осуществить мероприятия по стабилизации экологической обстановки. В первую очередь решить проблему водообеспечения и водоснабжения населенных пунктов качественной питьевой водой и разработать схему использования и охраны водных ресурсов бассейна реки. К первоочередным мероприятиям следует отнести снижение уровня хозяйственного использования земельных ресурсов в бассейне реки, строгое лимитирование забора воды, внедрение новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур, снижение сбросов сточных вод, внедрение хозрасчетных отношений в водном хозяйстве, комплексную реконструкцию орошаемых земель.

Биологическая продуктивность природных комплексов низовий бассейна реки Шу определяется затоплением пойменных земель, гидрологическим и гидрохимическим режимами озерных систем и других водных объектов. Добиться стабилизации биологической продуктивности природных комплексов при ограниченных расходах воды на природоохранные попуски возможно за счет инженерного переустройства и управления пойменными разливами. Инженерное обустройство русловой пойменной части реки позволит в два раза сократить удельные расходы воды на затопление пойменных сенокосов (с 10...13 до 5...6 тыс. м<sup>3</sup>/га).

Для восстановления дельты и низовий реки Шу необходимо более эффективно использовать сток р. Шу, а также сточные воды промышленности городов и поселков. Проработать вопросы целесообразности сеяния влаголюбивых культур (больших площадей свеклы в бассейнах р. Шу) глубокого регулирования стока реки водохранилищем и разработка влагосберегающей технологии орошения для резкого снижения забора воды из реки.

Интенсивное развитие орошаемого земледелия в бассейне реки Шу и зарегулирование стока привело к резкому сокращению объемов стока низовий. В маловодные годы обеспечивалось только частичное увлажнение Гуляевской дельты, в годы средней водности вода не поступала в Южно-Казахстанскую область (ЮКО). За период 1975...1986 годы пойма низовий практически полностью деградировала. С 1987 года решением правительства Республики ежегодно осуществляются зимне-весенние попуски объемом 1...2 млрд. м<sup>3</sup> и более в зависимости от водообеспеченности года. Это позволяло производить затопление 90...133 тыс. га пойменных сенокосов, 20...35 тыс. га озерно-речной системы, подпитку грунтовых вод на прилегающих к пойме пастбищах.

Долина р. Шу в низовьях представляет ряд разновозрастных дельтовых расширений, соединенных между собой узкими горловинами. Русло реки в дельтах разветвляется на массу протоков, которые при переходе из одной дельты в другую сливаются воедино, а при выходе вновь дробятся. Общая протяженность 4-х дельт составляет 460 км, в том числе Гуляевской – 150 км, Уланбельской – 100 км, Камкалинской – 150 км и Ащикольской – 60 км.

Территория низовий относится к зоне пустынь, климат резко континентальный. Годовая сумма осадков от 161 мм (с. Тасты) до 216 мм (с. Фурмановка), из них в осенне-весенний период 122...155 мм. Возможные отклонения суммы осадков в годы разной обеспеченности (10 % и 90 %) составляют 50 % среднемноголетних значений.

Испарение с водной поверхности в низовьях реки Шу колеблется от 895 мм (с. Фурмановка) до 185 мм (с. Тасты). Анализ баланса атмосферных осадков и испарения с водной поверхности показывает, что в период попусков с ноября по апрель наблюдается дефицит влаги: по с. Фурмановка – 88 мм, с. Уланбель – 95 мм, с. Тасты – 122 мм. При удлинении сроков попуска до 15 мая дополнительные потери на испарение увеличиваются на 50...100 мм.

Анализ воднобалансовых характеристик природоохранных попусков 1987...1995 годов показывает, что минимальные удельные затраты воды на увлажнение поймы имеют место при попусках объемом 1100...1200 млн. м<sup>3</sup>. При этом площадь затопляемых сенокосных угодий составляет 101...110 тыс. га, тогда как при максимальных природоохранных попусках – 133 тыс. га. Удельные расходы воды на затопление одного гектара: в среднем по низовьям – 10900 м<sup>3</sup>, по Мойынкумскому району – 13100 м<sup>3</sup>, Сарысускому району – 8650 м<sup>3</sup>, Сузакскому району – 11300 м<sup>3</sup>. В

Южно-Казахстанскую область поступает 150 млн. м<sup>3</sup> воды, обеспечивая затопление 14,2 тыс. га пойменных земель.

Время добегания попусковой волны от Фурмановского гидроузла до границы Южно-Казахстанской области в зависимости от расхода у фронта волны (100...150 м<sup>3</sup>/с) составляет 90...100 суток.

Полезный объем воды, затрачиваемый на увлажнение поймы, равен 420...440 млн. м<sup>3</sup>, на заполнение озерно-речной системы – 250...270 млн. м<sup>3</sup>. При попусках в период с 01.12 по 01.05 фактические потери на испарение в среднем равняются 165 мм, в том числе по участкам: Фурмановка – Уланбель – 110 мм, или 66,5 млн. м<sup>3</sup>; Уланбель – граница ЮКО – 180 мм, или 82,8 млн. м<sup>3</sup>; граница ЮКО – конец сток – 226 мм, или 31,7 млн. м<sup>3</sup>. Расход воды на подпитку грунтовых вод, который необходим исходя из экологических и социально-экономических потребностей, колеблется в пределах 320...350 млн. м<sup>3</sup>.

При природоохранных попусках в многоводные годы (более 1600 млн. м<sup>3</sup>) удельные расходы воды на затопление достигают 13...15 тыс. м<sup>3</sup>/га, обеспечивается затопление пастбищно-сенокосных угодий на площади не менее 125 тыс. га (93 % затопляемых площадей). В Южно-Казахстанскую область поступает не менее 300 млн. м<sup>3</sup> воды. Попуск менее 1100 млн. м<sup>3</sup> практически не обеспечивает подачу в Сузакский район 100 млн. м<sup>3</sup>, т.е. необходимого минимума для поддержания экосистемы.

Из приведенного анализа видно, что сокращение непроизводительных потерь возможно только за счет их снижения на испарение. Уменьшение длительности попускового периода на 10 суток приводит к снижению потерь на испарение до 50...60 млн. м<sup>3</sup>. Это возможно сжатием волны попуска и увеличением расходов в ее гребне. Другим эффективным мероприятием по сокращению непроизводительных потерь воды является инженерное переустройство поймы с организацией систем лиманного орошения, в первую очередь в дельте Гуляевских разливов.

Водный баланс речного водосбора отражает процессы круговорота воды в природе и состоит из ряда элементов, которые в соответствии с самим понятием «баланс» делят на приходные и расходные элементы. К числу приходных элементов водного баланса относятся атмосферные осадки и все другие виды поступления влаги из атмосферы, а также приток воды из-за пределов речного водосбора в виде речных или подземных вод. К числу расходных элементов относятся все виды испарения, а также отток воды за пределы водосбора по речному руслу или подземным путем.

Водный баланс речного водосбора формируется в результате сложного взаимодействия вертикального влагообмена (атмосферные осадки – испарение), обусловленного термодинамическими факторами, с горизонтальным влагообменом (склоновый, подземный и речной сток).

Основной составляющей водного баланса природоохранных попусков является объем воды, впитанной почвой поймы. Этот объем зависит от продолжительности площадей затопления. Площади затопления в свою очередь зависят от объемов и расходов в гребне волны попуска. Объем попуска с момента спада уровня не сказывается на площади затопления верхнего участка Фурмановка – Уланбель, он определяет объем стока в нижележащем участке.

Фактическая необходимая норма увлажнения пойменных сенокосов (норма нетто) составляет 105...110 тыс. га, т.е. полезный объем стока затраченный на увлажнение поймы составит 420...440 млн. м<sup>3</sup>. Объем воды на заполнение озерно-речной системы, необходимой для поддержания в удовлетворительном состоянии экосистемы поймы, определяется годовым слоем испарения, т.е. по предварительным данным расчета составляет 270 млн. м<sup>3</sup>. Тогда полезный объем природоохранного попуска составит 670...710 млн. м<sup>3</sup>.

При попусках в период с 01.12. по 01.05. фактические потери на испарение – осадки в среднем составят 165 мм. По участкам эта составляющая равна: Фурмановка – Уланбель – 100 мм – 66,5 млн. м<sup>3</sup>; Уланбель – граница – 180 мм – 82,8 млн. м<sup>3</sup>; граница – конец стока – 226 мм – 31,7 млн. м<sup>3</sup>; итого – 181 млн. м<sup>3</sup>.

Таким образом, расход воды на подпитку грунтовых вод, который также необходим исходя из социально-экономических и экологических соображений, составляет 200...210 млн. м<sup>3</sup>.

Из приведенного выше анализа видно, что сокращение непроизводительных потерь возможно за счет снижения фильтрационного оттока и испарения водной поверхности, а это возможно только за счет сокращения продолжительности попуска и его осуществления, главным образом, в зимний период с октября по апрель месяцы. Основные потери на испарение и фильтрацию приходятся на апрель – май месяцы. Сокращение длительности попускового периода в его конце на 10 суток приводят к уменьшению потерь до 40...60 млн. м<sup>3</sup>. Последнее можно осуществить сжатием волны попуска и увеличением расходов в гребне попуска.



Продолжительность затопления поймы является одним из наиболее определяющих факторов при увлажнении почв поймы. При отсутствии инженерно-оборудованных водозаборных сооружений и ограждающих дамб (лиманы инженерного типа) увлажнения необходимой толщи влаги возможно при поддержании максимального уровня затопления сроком не менее:

$$t_{maxy} = \frac{K_n \cdot M_y}{K_{en}}, \quad (1)$$

где  $K_n$  – коэффициент допускаемой неравномерности увлажнения и принимается = 0,5;  $M_y$  – необходимая норма увлажнения поймы в мм;  $K_{en}$  – среднесуточная скорость впитывания в почву в ранне-весенний период, мм/сут.

Скорость впитывания в период оттаивания почвы при естественной плотности составляет 0,8...10 мм/сут на 1 °С температуры воды и достигает максимальных значений при полностью оттаявшей почве через 10...20 суток.

Среднюю скорость впитывания в естественных руслах по оттаявшей почве можно определить по зависимости:

$$V_s = \frac{K_\phi}{(1 - \alpha) \cdot t^2}, \quad (2)$$

где  $K_\phi$  – коэффициент фильтрации, мм/сут;  $\alpha$  – эмпирический коэффициент равный 0,3...0,7;  $t$  – продолжительность затопления, сут.

Для верхних участков, где затопление поймы проходит по замерзшей почве, среднюю скорость впитывания можно принять равной 8 мм/сут, а продолжительность стояния максимальных уровней 25 суток.

Для нижних участков поймы р. Шу, где затопление происходит по оттаявшей почве, средняя скорость впитывания при среднем коэффициенте фильтрации 20 мм/сут и начальной скорости впитывания 40 мм/сут составит 16,7 мм/сут, а продолжительность затопления 12 суток.

Весь период затопления можно во временном интервале разделить на три участка:  $t_{ф.в.}$  – продолжительность подъема уровня,  $t_{м.у.}$  – продолжительность поддержания максимального уровня,  $t_{сн}$  – продолжительность спада, т.е.

$$T_{зат} = t_{ф.в.} + t_{м.у.} + t_{сн}. \quad (3)$$

Продолжительность уровня подъема воды на фронте волны попуска должна обеспечить затопление расчетной ширины поймы:

$$t_{ф.в.} = \frac{L_n}{V_{ф.с.}} + t_{ДОБ}, \quad (4)$$

где  $t_{ДОБ}$  – время добегания волны попуска до расчетного створа;  $L_n$  – расчетная ширина поймы на расчетном участке, м;  $V_{ф.с.}$  – скорость продвижения фронта смачивания. Скорость продвижения фронта смачивания можно определить по зависимости:

$$V_{ф.с.} = \frac{86,4 \cdot q}{(K_{ВП} + \Delta h)}, \text{ (м/сут);} \quad (5)$$

где  $q$  – удельный расход бокового оттока из русла в пойму на 1 погонный км в м<sup>3</sup>/с устанавливается по фактическим наблюдениям по водомерным постам (по предварительным данным от 0,5 до 0,6 м<sup>3</sup>/с для р. Шу);  $K_{ВП}$  – средняя скорость впитывания по мерзлой почве 0,005...0,01 м/сут;  $\Delta h$  – среднесуточная скорость подъема уровня на фронте подъема волны попуска, рекомендуемая 0,05...0,06 м/сут. Ориентировочно значения скорости продвижения фронта смачивания составляют 0,8...1,0 км/сут.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрологические основы оросительных мелиораций в бассейнах рек Чу и Талас. / Под. ред. Цыценко К.В., Сумароковой В.В. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 335 с.
2. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 247 с.
3. Булавко А.Г. Водный баланс речных водосборов. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 304 с.

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати

#### ШУ Ұ. СУДЫ АҒЫЗДА ТАБИҚИСОРҒАУ СУ БАЛАНСЫ

Техн. ғылымд. докторы А.К. Заурбек  
Г.С. Сарсекеева

«Шу Ұ. Суды Ағызда Табиқисорғау Су Баланы»  
Техн. ғылымд. докторы А.К. Заурбек  
Г.С. Сарсекеева

УДК 556.16. (282. 255. 45.)

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТОКА РЕКИ ШУ

А.М. Бажиева

*В статье дана краткая характеристика Шу-Таласского бассейна и предлагается восстановление естественных значений стока реки Шу в створах у с. Кочкорка, п. Семеновский мост и с. Ташуткуль.*

#### **Краткая характеристика Шу-Таласского водохозяйственного бассейна**

Шу-Таласский водохозяйственный бассейн включает реки Шу, Талас и Ассы. Данный бассейн занимает всю Жамбылскую область Республики Казахстан. В пределах Республики Кыргызстан расположена почти вся горная область формирования стока рек Шу и Талас, за исключением правых притоков р. Шу, формирующихся на склонах хребтов Жетьжол, Кендыктас и Шу-Илийских гор. Основную часть территории Казахстана составляют низовья этих рек, расположенные в областях рассеивания и равновесия стока, а также реки, формирующиеся на северо-восточном склоне хребта Каратау.

Шу-Таласский водораздел на территории Казахстана выражен возвышенной равниной Муюн-Кум, имеющей абсолютную отметку около 390 м на меридиане устья р. Талас и повышающуюся в юго-восточном направлении. Южной морфологической границей бассейна р. Талас служит водораздельная линия хребта Каратау (2176 м), переходящая юго-восточнее на Таласский хребет (4488 м). С некоторой условностью к бассейну р. Талас можно отнести р. Ассы. Истоки ее лежат на северном склоне западного окончания Таласского хребта, и в верхнем течении она обходит восточное окончание Каратау.

Морфоструктуры определяют главные черты территории Шуйской и Таласской впадин, которые в поперечном профиле асимметричны: северный (правый) борт их короткий, невысокий и более крутой, чем южный. Бассейны соответствующих рек также асимметричны: левые притоки многочисленнее, полноводнее и более протяженны, чем правые. Вдоль левобережья распространены широкие аккумулятивные равнины, тогда как правобережье изобилует скалистыми выступами палеозойского фундамента. Предгорные возвы-

шенности широтного простирания с эрозионными и суффозионными формами и внутригорные депрессии на северных склонах хребтов составляют характерную особенность южного обрамления впадин.

Распределяются осадки на территории крайне неравномерно. Их величина определяется, в первую очередь, высотой местности, ориентацией хребтов по отношению к влагоносным воздушным массам и доступностью их этим массам. Высотный фактор является решающим при прочих равных условиях. В этом случае атмосферные осадки увеличиваются с высотой местности и вертикальные градиенты осадков положительны. В конкретных условиях рельефа – при различной экспозиции склонов и речных долин, при различном географическом положении речных бассейнов эта закономерность увеличения осадков с высотой нарушается под влиянием упомянутых факторов.

Наиболее увлажняемой является высокогорная зона северного склона Кыргызского хребта. Здесь выпадает около 1000 мм осадков в год. Очень мало осадков – менее 170...180 мм в год – выпадает в низовьях рек Шу и Талас, в пустыне Муюн-Кум. Относительно мало осадков выпадает во внутригорных замкнутых котловинах – в Кочкорской и Аксайской впадинах, долинах рек Чон-Узенгикууш, Сарыджас и Акширак.

Главной рекой территории, по своему хозяйственному значению, является река Шу. Площадь её бассейна, включая бессточные участки в низовьях реки и прилегающие пустынные пространства, приблизительно равна 67500 км<sup>2</sup>. Площадь водосбора, замыкаемая створом близ свх. Амангельды, ниже впадения крупного притока Курагаты равна 38400 км<sup>2</sup>.

Река Шу образуется от слияния рек Кочкор и Джуанарык в Кочкорской впадине. В рассматриваемом водохозяйственном бассейне р. Шу принимает один из крупных своих притоков р. Курагаты. Многие притоки интенсивно разбираются на орошение, и большую часть года не доносят воду до р. Шу.

Река Шу ниже впадения Курагаты не принимает притоков. Здесь река входит в пески и долина ее сужается. Начиная от с. Фурмановка река разбивается на протоки и теряется в зарослях тростников. Наиболее значительные протоки – Большая и Малая Арна. В районе конечного стока характерны обширные солончаки – соры, представляющие собой обсохшие соляные озера.

Река Талас образуется от слияния рек Каракол и Учкошой, и течет до с. Кировское, принимая все свои притоки. Помимо этих рек в Талас впадают многочисленные карасу, но все эти притоки разбираются на орошение. Миновав западную оконечность Кыргызского хребта р. Талас выходит у

г. Тараз на равнинные пространства. Ниже города река интенсивно разбирается на орошение, образуя густую ирригационную сеть. Теряя воду на инфильтрацию и испарение, разбираясь на орошение р. Талас уменьшает свою водоносность и теряется на равнинных пространствах не доходя до р. Шу.

Река Асса, называемая в верховье р. Терс, начинается на невысокой (1200...1500 м) слабонаклоненной поверхности на стыке хребтов Каратау, Борколдой и Таласский Алатоо. Терс на значительном протяжении течет на восток до оконечности хребта Каратау, где, приняв правый крупный приток Куркуреусу, стекающий с северного склона Таласского Алатоо, прорезает узким ущельем хребет и, получив название Асса, течет на север. Вблизи г. Тараз р. Асса, поворачивает на запад и впадает в крупное оз. Бийликоль у его северо-восточной оконечности. Выйдя из озера, р. Асса течет на север, питая ряд мелких озер, и теряется, не доходя до р. Талас.

### **Восстановление и удлинение рядов наблюдений за стоком**

В нижнем течении, на выходе из гор, почти все реки, вплоть до самых малых, используется на орошения. Поэтому режим низовых участков, в особенности на крупных водных артериях, сильно искажен. Максимальные расходы, в связи с интенсивным водозабором в вегетационный период (апрель – сентябрь), перемещаются на весну (март – апрель), минимальные же расходы приурочены обычно к лету и началу осени (июнь – сентябрь). Искажается не только внутригодовое распределение стока, но и изменение его по длине рек. Вопреки общему правилу, на реках рассматриваемого района обычно наблюдается уменьшение расходов вниз по течению. Это происходит в связи с интенсивным разбором воды на орошение (естественные потери на фильтрацию и испарение играют здесь подчиненную роль). Указанное обстоятельство, в соединении с отсутствием хотя бы приближенных количественных данных о водозаборе, лишает возможности произвести надежное сопоставление стока по соседним станциям и затрудняет проверку стоковых данных.

В исследуемом районе рассматривался сток реки Шу на трех постах: р. Шу – с. Кочкорка, р. Шу – Семеновский мост, р. Шу – с. Ташуткуль.

Исходными материалами послужили опубликованные справочно-кадастровые и архивные материалы РГП «Казгидромет», отчеты Министерства водного хозяйства (МВХ). Сведения, приведенные в опубликованных материалах, зачастую не в полной мере отражают действительные значения основных гидрологических характеристик рек. Сток отсутствует или не приведен из-за низкого качества материалов или прекращения наблюдений

на постах, из-за закрытия постов в сети гидрометслужбы и реорганизации МВХ. Вследствие этого возникла необходимость в восстановлении расходов воды основных рек исследуемого района. Для этого по вышеперечисленным гидрологическим постам, при максимальном использовании имеющейся информации, был восстановлен среднегодовой расход воды.

По посту р. Шу – с. Кочкорка имеется ряд наблюдений за стоком с 1931 по 1975 годы. Среднегодовые расходы воды в створе р. Шу – с. Кочкорка ( $Q_{Коч}$ ) за 1926, 1928...1931 годы были восстановлены по значениям расходов воды в створе р. Шу – с. Ташуткуль ( $Q_{Таш}$ ) по уравнению связи

$$Q_{Коч} = 0,245Q_{Таш} + 9,99. \quad (1)$$

Связь была построена за период 1936...1963 гг., коэффициент корреляции  $r = 0,81$  (рис. 1). За 1927 год расход воды был получен по уравнению связи

$$Q_{Коч} = 1,511Q_{С.М} + 9,91, \quad (2)$$

где  $Q_{С.М}$  – среднегодовой расход воды в створе р. Шу – Семеновский мост. Связь была построена за период 1928...1946гг., коэффициент корреляции  $r = 0,83$ . По посту р. Шу – Семеновский мост имеется ряд наблюдений за стоком с 1928 по 1946 годы. Среднегодовой расход воды в створе р. Шу – Семеновский мост ( $Q_{С.М}$ ) за 1927 год был восстановлен по среднему значению расходов воды этого пункта за период 7...12 месяцев по уравнению связи

$$Q_{С.М} = 0,65Q_{(7...12)С.М}. \quad (3)$$

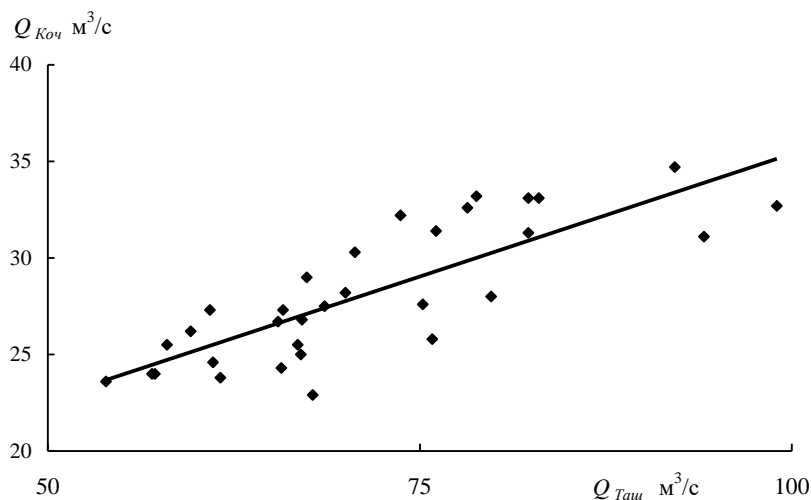


Рис. 1. График связи стока в створе р. Шу – с. Кочкорка ( $Q_{Коч}$ ) от стока в створе р. Шу – с. Ташуткуль ( $Q_{Таш}$ ).

Связь получена за период 1928...1946 гг., коэффициент корреляции  $r = 0,88$ .

За 1945 год расход воды был получен по уравнению связи

$$Q_{С.М} = 0,165 \Sigma Q_{(1...5; 8...12)С.М} - 23,1, \quad (4)$$

где  $\Sigma Q_{(1...5; 8...12)С.М}$  – суммарное значение среднемесячного расхода воды этого пункта. Связь рассчитана за период 1936...1946 гг., коэффициент корреляции  $r = 0,87$ .

Среднегодовые расходы в этом пункте за 1947...1975 годы были восстановлены по значениям расходов воды в створе р. Шу – с. Милянфан ( $Q_{Мил}$ ) по уравнению связи

$$Q_{С.М} = 1,109 Q_{Мил} + 17,33. \quad (5)$$

Связь получена за период 1941...1946 гг., коэффициент корреляции  $r = 0,76$  (рис. 2).

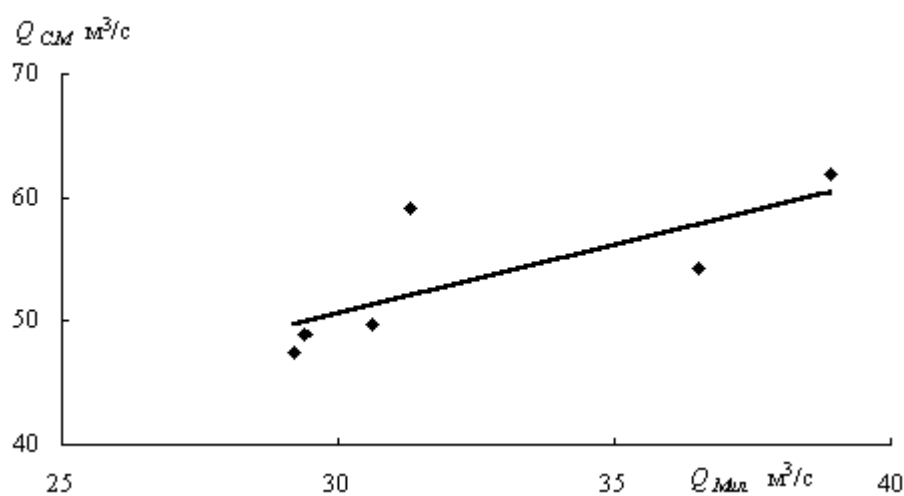


Рис. 2. График связи стока в створе р. Шу – п. Семеновский мост ( $Q_{С.М}$ ) от стока р. Шу – с. Милянфан ( $Q_{Мил}$ ).

По посту р. Шу – Ташуткуль имеются ряды наблюдений за стоком с 1926 по 2002 годы. С 1964 года однородность рядов была нарушена влиянием хозяйственной деятельности. Естественный сток за период 1964...1975 гг., был восстановлен по значениям расходов воды в створе р. Шу – с. Кочкорка ( $Q_{Коч}$ ) по уравнению связи

$$Q_{Таш} = 2,627 Q_{Коч} - 2,68. \quad (6)$$

Связь построена за период 1937...1963 гг., коэффициент корреляции  $r = 0,81$  (рис. 3).

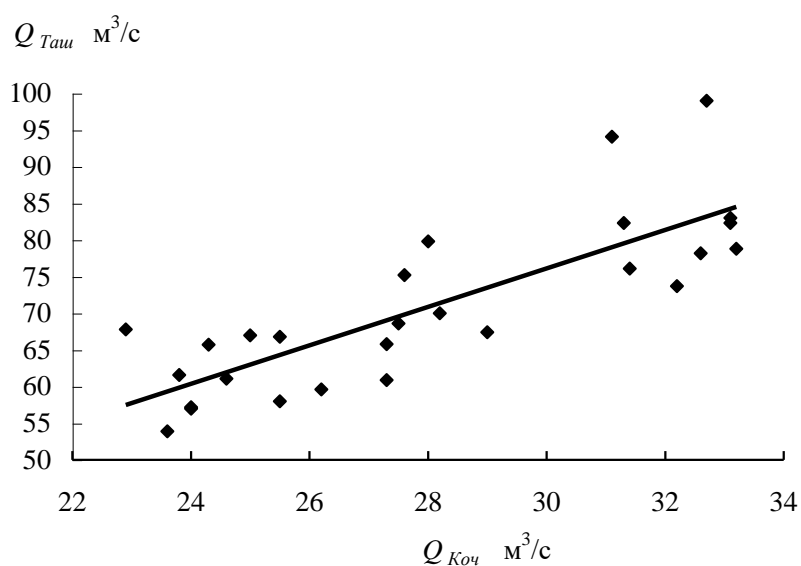


Рис. 3. График связи стока в створе р. Шу – с. Ташуткуль ( $Q_{Tau}$ ) от стока в створе р. Шу – с. Кочкорка ( $Q_{Koch}$ ).

Средние годовые расходы в створе р. Шу – с. Ташуткуль ( $Q_{Tau}$ ) за 1926, 1928...1935 годы были восстановлены по средним значениям расходов воды этого пункта за период 6...10 месяцев по уравнению связи

$$Q_{Tau} = 0,739Q_{(6...10)Tau} + 33,52. \quad (7)$$

Связь получена за период 1936...1963 гг., коэффициент корреляции  $r = 0,94$ . За 1927 год расход воды был получен по уравнению связи

$$Q_{Tau} = 1,66Q_{C.M} - 15,76, \quad (8)$$

где  $Q_{C.M}$  – среднегодовой расход воды в створе р. Шу – п. Семеновский мост. Связь была построена за период 1928...1947 гг., коэффициент корреляции  $r = 0,81$ .

Из-за отсутствия данных по естественному стоку за последние годы по пунктам-аналогам не представилось возможности удлинить ряды для восстанавливаемых постов.

В табл. 1 приведены результаты наблюдений за стоком с учетом восстановленных лет для постов р. Шу – с. Кочкорка, р. Шу – п. Семеновский мост и р. Шу – с. Ташуткуль, а также суммарное значение для этих створов.



Таблица 1

Сведения о среднегодовом стоке р. Шу, м<sup>3</sup>/с

Год	с. Кочкорка	с. Семеновский мост	с. Ташуткуль	Сумма
1926	28,8*		74,2*	103
1927	24,2*	43,1*	55,8*	123
1928	32,2*	56,2	87,5*	176
1929	29,0*	49,9	74,7*	154
1930	29,8*	48	77,8*	156
1931	33,6*	62,2	93,0*	189
1932	26,7	48,4	65,5*	141
1933	26,8	52,7	67,1*	147
1934	34,7	65,5	92,1*	192
1935	30,3	55,6	70,6*	157
1936	25,8	48,5	75,8	150
1937	25,5	55,5	66,8	148
1938	25,5	46,8	58	130
1939	24	47,8	57,2	129
1940	23,6	45,3	53,9	123
1941	27,5	54,2	68,6	150
1942	31,1	61,9	94,1	187
1943	25	47,4	67	139
1944	27,3	48,9	60,9	137
1945	29	49,7*	67,4	146
1946	32,2	59,1	73,7	165
1947	23,8	49,7*	61,6	135
1948	24,3	49,9*	65,7	140
1949	27,6	51,3*	75,2	154
1950	28,2	52,0*	70	150
1951	24,6	40,8*	61,1	127
1952	33,1	51,3*	82,3	167
1953	31,3	48,4*	82,3	162
1954	32,6	50,3*	78,2	161
1955	31,4	48,8*	76,1	156
1956	33,2	53,4*	78,8	165
1957	26,2	41,7*	59,6	128
1958	32,7	59,3*	99	191
1959	33,1	49,2*	83	165
1960	28	50,0*	79,8	158
1961	22,9	40,1*	67,8	131
1962	24	36,8*	57	118
1963	27,3	42,4*	65,8	135
1964	34,1	43,8*	86,9*	165
1965	25,1	36,6*	63,3*	125
1966	35,4	47,5*	90,3*	173

Год	с. Кочкорка	с. Семеновский мост	с. Ташуткуль	Сумма
1967	25,7	41,3*	64,8*	132
1968	29,4	36,7*	74,6*	141
1969	31,7	49,4*	80,6*	162
1970	29,7	40,6*	75,3*	146
1971	27,9	35,3*	70,6*	134
1972	24,2	33,0*	60,9*	132
1973	29,1	38,1*	73,8*	141
1974	22,1	31,6*	55,4*	109
1975	20,8	30,6*	52,0*	103
1976			37,0	
1977			35,7	
1978			55	
1979			54,8	
1980			40,2	
1981			40,4	
1982			41,7	
1983			39,3	
1984			37,6	
1985			45,2	
1986			36,4	
1987			78,4	
1988			74,7	
1989			52,2	
1990			46,9	
1991			42,5	
1992			42,1	
1993			65,8*	
1994			80,8	
1995			49,6	
1996			67,7	
1997			48,7	
1998			76,9	
1999			89,5	
2000			59,7	
2001			61,3	
2002			117	
Среднее				
1926...1975	28,2	47,5	71,87	147
1926...2002			66,37	

*Примечание:* \* – восстановленные значения.

По восстановленным и приведенным к длительному периоду данным определена норма стока и рассчитаны коэффициенты вариации (табл. 2).

Таблица 2

## Параметры годового стока р. Шу

Пункт	Период	n, лет	$Q_0$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$
с. Кочкорка	1931...1975	44	28,2	0,13
п. Семеновский мост	1927...1946	19	47,5	0,13
с. Ташуткуль	1926...2002	76	66,37	0,28

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Г.А. Определение стандартных параметров логарифмически-нормальной кривой распределения по трем опорным ординатам // Труды ГГИ, 1962. – Вып. 99. – С. 261-272.
2. Голубцов В.В., Некипелова Л.К. О необходимости оценки и учета влияния хозяйственной деятельности при разработке методов прогноза стока рек // Труды КазНИИ Госкомгидромета. 1987 – Вып. 97. – С.12-13.
3. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. – Л: Гидрометеоздат, 1970. – 250 с.
4. Меодические указания по оценке влияния хозяйственной деятельности на сток средних и больших рек и восстановлению его характеристик. – Л: Гидрометеоздат, 1986. – 78 с.
5. Разработать методику оценки ежегодных ресурсов речного стока Казахстана: Отчет о НИР/КазНИИМОСК. – Алматы, 2002. – 156 с. – Отв. исполн. И.И. Скоцеляс.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Средняя Азия. – Вып. 2. Бассейны оз. Иссык-Куль и рек Чу, Талас, Тарим. – Л: Гидрометеоздат, 1973. – 80 с.

Центр экологического мониторинга окружающей среды

**ШУ ӨЗЕНІ АҒЫНЫН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ**

А.М. Бажиева

*Мақалада Шу – Талас алқабына қысқаша сипаттама беріліп, Шу өзенінің Кочкорка, Семеновский мост және Тасөткел тұстамаларында ағынның табиғи мәндерін қалпына келтіру ұсынылады.*

УДК 551.48

**РЕКРЕАЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ НОРМАТИВНАЯ  
НАГРУЗКА НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ**

Канд. техн. наук С.И. Куц

*В статье изложены принципы унифицированной методики нормирования рекреационного использования земель водного фонда без ущерба природной среде. Приведенные расчеты в исходной последовательности позволяют регламентировать нагрузки на водоемы на стадиях проектирования (ТЭО, ТЭР, рабочий проект) и принимать решения в экологической экспертизе на уровне предОВОС, ОВОС.*

В Казахстане имеется более 48 тысяч озер общей площадью акватории 45 тыс. км<sup>2</sup>. В условиях естественной эволюции и влияния антропогенных факторов более 80 % озер находятся в евтрофированном состоянии – состоянии, при котором нарушена сбалансированность экосистем озер, а значит, и нарушены их защитные свойства. В структуре баланса экосистем водоемов продукционные процессы доминируют над деструкционными, вследствие чего озера снизили способность к самоочищению воды. Качество воды и донных отложений постоянно снижаются – происходит постепенное накопление органических веществ. В результате деградации естественных водоемов снижается их пригодность в рациональном природопользовании.

Рекреационное использование ресурсов внутренних водоемов, как и другой любой вид комплексного использования природных ресурсов, неизбежно негативно отразится на количественных и качественных характеристиках используемых ресурсов. Поскольку рекреационное использование окружающей среды входит в сферу социально-экологических и экономических факторов жизнедеятельности населения регионов, основной задачей методологии рекреации будет являться достижение максимального эффекта при минимизации ущерба для природной среды.

Из общего количества озер лишь менее 1 % представляют интерес для рекреационного использования без дополнительных капиталовложений на очистку котловины и подготовку прибрежной полосы. Живописные леса, выразительный рельеф, чистые водоемы – все что имеется в природном ландшафте для использования в целях рекреации, привлекают интерес крупных компаний и высокодоходных монополистов. В число благополучных водных объектов пока входят озера Боровской зоны, Зерендинские и Баянаульские озера,

озеро Маркаколь и некоторые высокогорные озера Алатау. Однако параметры озер не позволяют их использовать на всю рекреационную емкость и удовлетворить потребность в рекреационных ресурсах постоянных жителей и приезжих отдыхающих в пиковый сезон. Требуется нормирование рекреационных нагрузок и режим ограничений для нормального естественного воспроизводства качества компонентов природной среды.

Методика расчета рекреационного использования водных объектов предназначена для комплексного анализа и разработки целевой экологической программы по эколого-экономическому регулированию территории и планированию природоохранной деятельности. Превышение экологических нагрузок недопустимо и может привести к деградации природных комплексов водоемов суши.

В настоящее время не все виды антропогенного воздействия могут быть оценены как в количественных, так и качественных показателях из-за отсутствия научно обоснованных критериев оценки, необходимых показателей, натурных наблюдений. В связи с этим дается вариант методического подхода, учитывающий исходную информацию, которая может быть получена в процессе проектирования.

Одним из решений задачи планировочной структуры территорий является создание системы мест массового отдыха и обогащения природы. Располагая значительными площадями акватории и прибрежной полосы озер, пригодной для организации массового отдыха, города и села на берегах озер обладают высоким потенциалом развития рекреационных ресурсов. Близость озер к районам жилой застройки и городским коммуникациям ориентирует использование водоема в рекреационных целях и в развитии местного курортного бизнеса.

Потребность населенного пункта в рекреационных ресурсах на прибрежных площадях оценивается по методике расчета, определяющими показателями которой являются статистические данные об общей численности населения и распределением отдыхающих по местам наиболее благоприятным для отдыха – в лесу и у воды [3].

Демографическая емкость территории по наличию рекреационных ресурсов у воды определена по формуле (1)

$$D_{p.в.} = 2BC \cdot \frac{1000}{0,5} \cdot M, \quad (1)$$

где  $D_{p.в.}$  – частная демографическая рекреационная емкость территории у водоемов, человек;  $B$  – длина береговой линии водоема, пригодной для

купания, км;  $C$  – коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (в районах степной зоны  $C = 0,3$ ; в районах лесной и лесостепной зон  $C = 0,5$ );  $M$  – коэффициент, учитывающий распределение отдыхающих в лесу и у воды (для районов с умеренным климатом  $M = 0,1 \dots 0,15$ , а для районов с жарким, сухим климатом  $M = 0,3 \dots 0,4$ ); 1000 – норматив экологически допустимых нагрузок на ландшафт территории пляжа, человек; 0,5 – ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в пляжах, км.

По санитарной оценке рекреационных ресурсов, согласно действующим нормам, территория считается непригодной для организации массового отдыха при загрязнении воздушного бассейна более 0,8 ПДК. Гигиенические показатели, исключающие использование поверхностных вод для целей рекреации, приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Гигиенические показатели, исключающие использование поверхностных вод в рекреационных целях

Показатель	Оценка	Исключаемые виды рекреации
Плавающие примеси	Присутствие на поверхности воды (плавающие пленки, масло)	Отдых, рыболовство
Посторонний запах, балл	>2	Отдых, водный туризм
Привкус, балл	>2	Отдых, водный туризм, рыболовство
Окраска	Может обнаруживаться в столбике 100 см	Отдых
pH	<6,5 >8,5	Отдых
Биохимическая потребность в кислороде (БПК <sub>5</sub> )	>4	Отдых, рыболовство
Растворенный кислород	<4	Отдых
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	>0,3	Отдых, рыболовство
Аммонийный азот, кг/дм <sup>3</sup>	>0,3	То же
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	>20	То же
Токсические и химические вещества	Превышает нормы, установленные МОС РК	Отдых, рыболовство, охота
Число лактозоположительных палочек (ЛПК) в 1 дм <sup>3</sup>	>1000 >10 000	Отдых, водный туризм, рыболовство

Устойчивость ландшафта прибрежной полосы к рекреационным нагрузкам определяется по формуле (2)

$$A_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_{2i} C_2 S_i, \quad (2)$$

где  $A_2$  – устойчивость ландшафта к вытаптыванию, в баллах;  $B_{2i}$  – устойчивость  $i$ -ой почвы к вытаптыванию, в баллах;  $S_i$  – площадь  $i$ -го компонента в ландшафте, в долях единицы;  $n$  – число компонентов ландшафта;  $C_2$  – средневзвешенный показатель устойчивости растительного компонента ландшафта к вытаптыванию.

Устойчивость почвы к рекреационным нагрузкам определяется ее механическим составом и степенью оструктуренности. Почвы легкого механического состава менее устойчивы, чем более тяжелые. Оценки устойчивости групп почв к рекреационным нагрузкам по 10-ти бальной шкале приводятся в табл. 2, устойчивость растительности к рекреационным нагрузкам – в табл. 3.

Таблица 2

Оценка устойчивости групп почв к рекреационным нагрузкам, в баллах

Гумус и подстилка	Механический состав				
	пески	супеси и суглинки	глины	карбонатные суглинки	
Слабо гумусированные почвы (< 3 %) с мало-мощной подстилкой (< 7 см)	3	5	2	6	
Хорошо гумусированные почвы (> 3 %) либо почвы с развитой подстилкой (> 7 см)	5	8	4	8	
Органические почвы (торфяные, перегнойные) мощностью > 30 см	8	9	9	10	

Нормирование рекреационных нагрузок и расчет пропускной способности водоема с его прибрежной полосой, унифицированного для всех водных объектов, затруднено без сведений о фактических данных о качестве воды и интенсивности водообмена. Тем не менее, ориентиром для планирования обустройства зон массового отдыха и проектирование (стадии ТЭО, рабочий проект) объектов рекреации у воды могут быть некоторые зарубежные данные [2].

Оценка устойчивости растительности к рекреационным нагрузкам ( $C_2$ ), балл

Основные лесообразующие породы	$C_2$
<b>Хвойные</b>	
Светлохвойные:	
сосна обыкновенная	0,8
сосна сибирская	0,5
лиственница	0,9
Темнохвойные:	
ель	0,5
пихта	0,3
<b>Лиственные</b>	
Мелколиственные:	
береза	1,0
осина	0,7
ольха	0,9
Широколиственные:	
дуб	0,9
липа, вяз, клен и др.	0,6
Луговая растительность	0,7
Агроценозы (посевы)	0,4

Протяженность береговой линии, используемой для рекреации (купание, плавание, спортивное рыболовство, водный спорт) не должна превышать 1/3 общей длины береговой линии водоема. Минимальная площадь акватории для этих целей должна составлять 5 га.

Математическое моделирование различных по морфологическим показателям озер позволяет определить предельные размеры акватории. Для озер круглой и овальной формы максимальная площадь под рекреационные нагрузки не должна превышать 33,2 % общей площади, для вытянутых и извилистых озер – 33,85 %. Обязательные условия:

1. занимаемая под рекреацию часть акватории должна примыкать к земельному отводу части береговой линии;
2. границы рекреационной зоны на акватории водоема не должна пересекать осевой средней линии через водоем.

Остальная часть акватории, около 2/3 общей площади, должна находиться в естественном, ненарушенном режиме использования.

Использование части водоема в рекреационных целях нормируется из расчета – на 1000 жителей в зоне отдыха 10 % находится в воде. На одного пловца требуется 3 м<sup>2</sup> акватории, на не умеющего плавать – 1,5 м<sup>2</sup>.



Нормы для водного спорта:

- весельные лодки, водные велосипеды, катамараны и т.п. – 3...5 единиц на 1 га акватории;
- парусные лодки на якоре – 2,5 лодки на 1 га акватории;
- парусные лодки в движении – 1,2...1,5 лодки на 1 га рекреационной акватории.

Земельный отвод прибрежной полосы, распределяется по следующим нормам, применимым и к искусственным водоемам: 10 % водной поверхности; 10 % леса и древесно-кустарниковых насаждений; 10 % дороги и автостоянки; 5 % строительные сооружения (кабины для переодевания, туалеты, киоски и т.п.); 65 % открытые площадки (песчаные пляжи, лужайки для отдыха, игр и т.п.).

Перечисленные временные сооружения, малые архитектурные формы и элементы благоустройства размещаются в пределах прибрежной полосы на отведенной и согласованной территории рекреационной зоны. Капитальные сооружения – дома отдыха, мотели, санатории, спортивные комплексы и др. должны быть вынесены за пределы водоохранной зоны (Постановление Правительства Республики Казахстан №42 от 16.01.2004 г.).

Развитие рекреационной базы на озерах с антропогенным загрязнением возможно лишь после завершения работ по очистке. Современное состояние большинства внутренних водоемов Казахстана по санитарно-гигиеническим параметрам качества воды, экологическому состоянию береговой полосы и настоящей дифференцированности прибрежной территории по классам ценности затрудняет привлечение капитала в рекреационную отрасль для местных, иногородних и иностранных инвесторов индустриального туристского бизнеса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по оценке природной среды в составе территориальных комплексных схем охраны природы. – Л.: ЛенНИИП градостроительства, 1989. – 62 с.
2. Пойкер Х. Культурный ландшафт: формирование и уход. – М.: Агропромиздат, 1987. – 176 с.
3. Рекомендации по охране окружающей среды в районной планировке. – М.: Стройиздат, 1986. – 160 с.

Научно-производственное предприятие «Биосфера»

## СУ ОБЪЕКТІЛЕРІНЕ ҒІЛІСТІК ЭКОЛОГИЯЛЫС НОРМАТИВТІК ЖҰҚТЕЛІМ

Техн. Ғылымд. канд. С.И. Куц

*Бұл статьяда табиғи ортада жер су жорын Ғілістік залалсыз пайдаланудағы бір ізге салынған „дістемелерді” жалыптасу негіздері баяндалған.*

*Жобалау сатысындағы (ТЖО, ТЖР, жұмысшы жобасы) су тоқандарының жұқтелімін жоқтыңдылап жүйелі регламентациялауға жол берудегі болжаулар ж.,не ОВОС, ОВОСалдындағы деңгейде экологиялық сараптауда шешім қабылдауға мысал келтірілген.*

УДК

**ВЫСОКОГОРНЫЕ МОРЕННО-ЛЕДНИКОВЫЕ ОЗЕРА КАК  
ИСТОЧНИКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СЕЛЕВОГО РИСКА**

Канд. геогр. наук Б. Тасболат

*В статье рассмотрены разные типы моренно-ледниковых озер, которые способствуют возникновению селевого риска гляциального генезиса.*

Активизация селевых явлений в горных районах Казахстана обуславливает необходимость усиления мер по защите населения, социально-хозяйственных объектов и окружающей природной среды от их негативного воздействия. Целям обеспечения безопасности проживания и хозяйственной деятельности на селеугрожаемых территориях служит управление селевыми рисками, которое включает превентивные мероприятия по предотвращению возникновения селей и сокращению характеристик селей, а также оперативные действия по сокращению возможного ущерба при их прохождении.

Одним из распространенных источников возникновения селевых рисков в Юго-восточном Казахстане являются горные водоемы. Ниже рассматриваются некоторые особенности горных озер Заилийского Алатау и возможности управления селевыми рисками, обусловленными их прорывами.

Внутренние водоемы, способные инициировать возникновение селевых потоков, могут иметь место в теле ледников и морен. *Внутриледниковые полости*, наполненные водой, обнаруживаются на многих ледниках в различных горных районах мира. Имеющиеся в литературе данные (серьезное обобщение было сделано в свое время Ю.Б. Виноградовым [1]) свидетельствуют о существовании в толщах ледников разветвленных и обладающих значительной емкостью систем трещин, пещер, туннелей. Размеры полостей значительно превосходят размеры протекающих через них водных потоков. В крупных ледниках емкости могут быть подразделены на внутриледниковые и подледниковые. Подледниковые системы характеризуются наличием наносов и влиянием на них топографии глетчерного ложа. Месторасположение внутриледниковых и подледниковых емкостей практически не имеет внешних признаков и изменчиво в пространстве. Заполнение полостей водой носит аperiodический характер и может быть обусловлено различными причинами,

связанными со сложными деформационными процессами в толще ледников. Возникающие внутренние озера могут иметь как долговременное (с длительными стадиями развития и консервативного состояния) так и кратковременное существование. Все внутриледниковые водоемы являются потенциально прорывоопасными. Выброс ледниковых вод из внутренних водоемов может осуществляться на поверхность ледника (в виде фонтанов), на контактах ледника и склона глетчерного ложа или из-под языка ледника. При прорывах придонных внутриледниковых полостей иногда отмечается и выброс значительного количества твердых наносов (в виде песка и мелкой гальки). Вероятность прорыва внутриледниковых водоемов наиболее велика при подвижках отдельных блоков и ледника в целом. Высокая вероятность прорыва внутриледниковых водоемов имеет место при высоком температурном фоне. Селевые явления, обусловленные прорывами внутриледниковых водоемов, зависят от характеристик прорывных паводков и морфогенетических особенностей зоны их распространения. Это могут быть как небольшие селепроявления, так и крупные грязекаменные потоки. Прорывы внутриледниковых водоемов являются вполне типичными для Заилийского Алатау. Они достаточно часто происходят в бассейне р. Озерная, имели место в бассейнах р. Проходная, р. Кумбельсу. Как правило, прорывные воды взаимодействуют с рыхлообломочным материалом рытвин на современных моренах, формируя небольшие селевые потоки, которые распластываются в пределах зандровых полей и троговых долин. Однако, с прорывами внутриледниковых емкостей (по ряду версий) связано и прохождение крупного селевого потока в 1956 г. в бассейне р. Малая Алматинка.

*Внутриморенные водоемы.* Внутреннее строение морены характеризуется обилием водопроводящих систем и гротов различных размеров и конфигураций. При исследовании морен Малоалматинских ледников (В.А. Голубович [2], А.П. Горбунов [3]) выявлено, что формирование гротов в погребенных льдах происходит по линиям их разломов. Каналы стока вырабатываются непосредственно во льду, и вода находится в прямом контакте с его поверхностью. На моренах Малоалматинских ледников фиксировались гроты, которые достигали несколько сот метров в длину, десятки метров в ширину, до пяти метров в высоту; при этом мощность погребенного льда над гротом была в пределах десяти метров. Закупорка каналов стока или гротов (вследствие обрушения сводов, намерзания, деформации блоков погребенного льда и т.д.) может приводить к накоплению в моренах значительных объемов воды. Месторасположение внутриморенных емкостей

непостоянно и наличие их трудноопределимо. Заполнение внутриморенных полостей водой аperiodично. Внутриморенные водоемы являются потенциально прорывоопасными. Прорывы внутриморенных водоемов наиболее вероятны при высоком температурном фоне и существенной увлажненности морен, обеспеченной выпадением дождей и таянием снега, погребенного льда и ледников. При взаимодействии прорывных вод с селеформирующими грунтами возникают селевые потоки, характеристики которых зависят от расходов и объемов паводков, морфометрии и состояния потенциальных селевых массивов. В Заилийском Алатау прорывы внутриморенных водоемов и обусловленные ими небольшие селевые явления отмечались в бассейнах р. Узункаргалы, р. Левый Талгар. Прорыв внутриледникового водоема (по одной из существующих версий) явился причиной формирования крупного селевого потока в 1975г. в бассейне р. Большая Алматинка.

В связи с неопределенностью мест нахождения внутриледниковых и внутриморенных водоемов мероприятия по предотвращению их прорывов практически невозможны. Управление селевыми рисками может заключаться в снижении характеристик формирующихся при этом селевых потоков с помощью селезащитных сооружений по пути их движения, оповещения о возникших селевых явлениях. Так, например, в случае более раннего возведения плотины в урочище Мынжилки можно было бы избежать формирования крупного грязекаменного селя на р. М. Алматинка в 1956 г.

Поверхностные водоемы. Подпруженные озера. Озера, подпруженные обвалами. Завальные озера возникают в результате запруживания водотока обвалами, оползнями. Завальные озера приурочены в основном к зонам тектонических разломов и сбросов. Наиболее частой причиной их возникновения являются сильные землетрясения. Кроме того, такие озера также расположены в местах сужения долины, благоприятных для образования обвалов иного генезиса. При наличии многометровых толщ рыхлого грунта на крутых склонах долины, образование обвалов и оползней может происходить при аномально высоком увлажнении склонов, эрозионной подрезки склонов селями или паводками [4, 5, 8, 9]). Озера, образовавшиеся при обрушении на дно долины с перекрытием русла реки значительных масс горной породы, могут существовать продолжительное время, проходя многолетние стадии развития и консервативного состояния. Объемы таких озер могут достигать десятки млн. м<sup>3</sup>. Водный режим водоемов, подпруженных оползнями и обвалами, обусловлен, как правило, сезонными колебаниями притока. Сток из завальных озер осуществляется преимущественно поверхностным путем. Завальные озера являются потенциально прорывоопасными.

Причинами разрушения озерной перемычки и возникновения прорывного паводка могут являться вхождение в озеро паводков или селевых потоков, сформировавшихся в вышерасположенных зонах бассейна подпруженной реки; обрушения в верхнем бьефе плотины оползней и обвалов с прилегающих к котловине озера склонов, попятная эрозия в канале стока, землетрясения и т.д. Вероятность прорыва завального озера возрастает в периоды, благоприятные для возникновения паводков, оползней и селей в вышерасположенных зонах его бассейна. Разрушение озерной перемычки и возникновение прорывного паводка может привести к полному или частичному опорожнению озера. В случае частичного опорожнения озеро может продолжить свое существование (в консервативном состоянии или даже вновь развиваясь) с сохранением угрозы последующих прорывов. Прорывные паводки обуславливают прохождение наносоводных паводков или грязекаменных потоков в ниже расположенной зоне бассейна. Масштабы формирующихся при этом селевых явлений зависят от объема опорожнения, расхода прорывного паводка, геоморфометрических характеристик зоны распространения последнего. В Заилийском Алатау завальные озера приурочены к зонам тектонических разломов и сосредоточены в диапазоне высот 1700...2700 м. Наиболее крупным из них являлось озеро Есик, которое прорвалось в 1963 г.. Разрушение озерной перемычки произошло под воздействием многометровых волн, возникших на озере при вхождении в него селевого потока, сформировавшегося на морене ледника Жарсай. В результате прорыва перемычки озеро практически полностью опорожнилось, а по р. Есик прошел мощный наносоводный паводок, нанесший значительный ущерб. Большое Алматинское озеро, образованное в результате перекрытия р. Озерная грандиозным обвалом сейсмического происхождения несколько сот лет назад, в прошлом неоднократно прорывалось, обуславливая формирование мощных селевых потоков, выходящих по р. Большая Алматинка за пределы гор. Прорывы завальных озер – Кольсай и Каянды явились причиной прохождения крупных наносоводных паводков по р. Шелек.

Снижение риска прорыва завальных озер может быть достигнуто с помощью превентивных мероприятий, направленных на укрепление озерной перемычки, стабилизации канала стока через нее, предотвращения возникновения селевых явлений в верхней зоне бассейна и т.д. В настоящее время прорывоопасность ряда завальных озер в Заилийском Алатау снижена за счет укрепления и наращивания их перемычек (Большое Алматинское озеро, Есик, Кольсай); предотвращению вхождения крупных селевых потоков в акваторию озера Есик служит сквозная селезадерживаю-

щая плотина, возведенная на р. Жарсай; управление возникновением селевых явлений в верховьях бассейна р. Есик осуществляется с помощью контролируемых опорожнений моренных озер.

Образование *озер, подпруженных ледником*, может происходить при пульсационных подвижках последних и случается вообще нечасто, но для отдельных районов является типичным и аperiодически повторяющимся. Озера могут образовываться в долинах боковых притоков, подпруженных ледниками главных долин, между ледниками и склонами долин, а также в главной долине, при выходе в нее ледника из бокового притока [1]. Возникающие озера существуют непродолжительное время, быстро увеличиваясь в размерах, как правило, в течение одного абляционного периода. Согласно литературным данным объемы воды, скапливающейся за запрудой, создаваемой пульсирующим ледником, могут достигать десятков млн. м<sup>3</sup>. Озера, подпруженные ледниками, являются потенциально прорывоопасными. Подпруженные ледниками озера опорожняются преимущественно через внутреннюю дренажную систему, однако, могут иметь место случаи и поверхностного перелива. При опорожнении озер по дренажной системе каналы стока увеличиваются в размерах, обеспечивая возрастание расходов прорывных паводков, вплоть до катастрофических масштабов. Вероятность прорыва водоемов, перемычкой которых является тело движущегося ледника, возрастает по мере увеличения глубины озера. Большинство исследователей считают, что она наиболее высока при достижении уровня воды в озере 0,9 высоты перемычки, ибо основной причиной прорыва этих озер предполагается эффект всплывания ледяного барьера или отдельных его блоков. В Заилийском Алатау селевых явлений, непосредственной причиной которых явился бы прорыв подпруженного пульсирующим ледником озера, не зафиксировано, но наличие здесь пульсирующих ледников не позволяет игнорировать возможность возникновения подобных озер с последующими явлениями прорыва и селеформирования. Целям своевременного выявления подвижек ледника может служить аэро- и космомониторинг горных территорий. Так, при обнаружении подвижки ледника Богатырь в бассейне р. Шелек было произведено контролируемое опорожнение одноименного озера объемом около 10 млн. м<sup>3</sup>. Реализация управленческих решений в данном случае позволила избежать возникновения и прохождения селевого потока крупных масштабов.

Другой разновидностью *подпруженных водоемов являются озера со снеголавинными перемычками*. Они возникают в том случае, когда зи-

мой в тальвегах горных долин скапливается снег, принесенный метелями и сошедшими со склонов лавинами, а весной эти плотные снежные массы становятся препятствием для пропуска возрастающих расходов воды. Озера, подпруженные снеголавинными плотинами, возникают аperiodически (в зависимости от снежности зимы и интенсивности повышения температуры воздуха в весенний период), существуют непродолжительное время и являются потенциально прорывоопасными. Снежные плотины прорываются в результате формирования канала стока в природной части перемычки. Расширение канала стока в снежной перемычке происходит в результате механического воздействия потока на насыщенные водой своды снежного туннеля. Вероятность прорыва таких озер увеличивается от момента их появления по мере роста объема скапливающейся воды и повышения температурного фона. Расходы прорывных паводков зависят от объема накопившейся воды, а сами паводки называются водоснежными, т.к. содержат большое количество плотных (льdistых) комьев снега, захватываемых потоком при разрушении снеголавинной дамбы. Прорывные паводки (водные или водоснежные) по пути прохождения способны вызвать эрозионно-сдвиговые или эрозионно-транспортные процессы, обуславливающие формирование селевых потоков. В Заилийском Алатау селевые явления, обусловленные прорывами кратковременно возникающих водоемов при подпруживании стока снеголавинными дамбами, достаточно типичны для р. Горельник. Это наносоводные паводки, проходящие здесь поздней весной (или начале лета). Подобные селепроявления аperiodически фиксируются в селевом очаге р. Кумбельсу (в начале селеопасного периода), они могут иметь место и в других бассейнах.

Управление селевыми рисками может быть связано с разбором снеголавинных перемычек, препятствующим накоплению большой массы воды в верхнем их бьефе.

*Подпруживание поверхностных водотоков может производиться плотиной, образованной погребенным льдом или конечным валом.* Такие явления отмечаются на участках морен, характеризующихся изменением планово-высотного положения точек рельефа вследствие неодинаковой горизонтальной и вертикальной скорости движения отдельных частей погребенного льда. *Подпруженные мореной озера* могут быть приурочены к местам перекрытия мореной, расположенной в основной долине некоторого частного притока. Нередко подпруживание озера обеспечивается моренами нескольких ледников. Они наблюдаются на моренах больших долинных



ледников, их возникновение обуславливается определенным сочетанием морфологических, геологических и гляциальных условий. Сток из озер этого типа осуществляется как по поверхностной, так и по внутриводоточной дренажной системе. Подпруженные моренами озера характеризуются длительным существованием, как правило, стабильны по внутригодовому ходу летнего заполнения и осенне-зимней (частичной или полной) сработки. Подпруженные моренные озера могут иметь большие размеры в связи с особенностями морфологии долины водотока, а также высотой и проницаемостью плотины. Подпруженные моренами озера являются потенциально прорывоопасными. Однако, в период консервативной стадии, когда они мало изменяются в размерах, имеют поверхностный сток, вероятность катастрофического опорожнения озер мала. Предположительно, опорожнение озера в этот период может происходить постепенно в течение длительного времени по известному по практике принципу ледяного затвора, периодически открывающего и закрывающего вход в дренажную систему. Если подпруженные озера расположены на моренах больших ледников, длина которых превышает 5...7 км, при опорожении происходит распластывание прорывной волны по длине дренажной системы. В качестве другого механизма разгрузки озера рядом исследователей предполагается рассредоточенная фильтрация сквозь ледяной барьер. При этом в подпруженном озере создается динамическое равновесие притока и оттока воды. В случае увеличения размеров озера такого типа вероятность прорыва с опасно-высокими значениями расхода возрастает. Подпруженные моренами озера имеют место в Заилийском Алатау. При общей потенциальной прорывоопасности подобных озер вероятность прорыва многих из них в нынешней стадии существования невелика. Наименее прорывоопасными являются озера, расположенные на древних моренах.

Подпруженные моренные озера должны находиться под контролем с целью отслеживания их динамики: выявления возможного перехода в стадию развития с увеличением опасности прорыва, либо в стадию исчезновения (медленной деградации) – непрорывоопасного состояния. При возрастании степени селевого риска возможны мероприятия по принудительному спуску озер.

*Озера, возникающие в результате заполнения понижений рельефа ледниково-моренного комплекса, могут быть подразделены на западинные и провальные [6, 7]. Западинные озера (ложбинные, краевые, приледниковые, озера мертвого льда) заполняют замкнутые понижения в моренном ре-*

льефе между открытой частью ледника и фронтальным уступом морены. Котловины западных приледниковых озер формируются в результате неравномерного вытаявания открытого и погребенного льда. Развитию озерных котловин способствует увеличение водности и повышенная температура воды. Западные озера располагаются на пути течения поверхностных водотоков. Часто приток воды к моренному озеру западного типа происходит по нескольким руслам. Кроме того, приток может осуществляться и внутренним путем. Сток из западных озер осуществляется как поверхностным так и внутренним путем. В отдельных случаях плотина озер может являться скальный ригель. Это имеет место у каровых моренных озер, которые являются непрорывоопасными. В большинстве случаев плотины западных озер представлены льдом, мерзлой брекчией или рыхлообломочным моренным грунтом. Западные озера имеют постоянное место дислокации и долговременное существование с сезонными колебаниями объемных характеристик, проходя стадии возникновения, развития и исчезновения. На стадии возникновения длина и ширина озера могут составлять несколько метров. Наибольшие изменения морфометрических характеристик западных озер происходят на стадии развития. Интенсивность развития озер может быть непостоянной во времени. Нередко после нескольких лет устойчивого увеличения площади и объема озеро может войти в консервативную стадию, также продолжающуюся несколько лет, в течение которых существенного роста характеристик озера не наблюдается. Далее может начаться либо деградация озера, либо новый этап его развития. Этап развития озера может прерваться его опорожнением. Опорожнение западных озер может происходить в виде истечения с расходом, превышающим обычный сток, но не вызывающим существенную деформацию каналов стока и тем самым оставляющим возможность нового наполнения водой и развития озера, и в виде прорыва. В связи с возможностью опорожнения в виде прорывного паводка (обусловленного ослаблением озерной плотины, сложенной рыхлообломочным материалом и льдом, а также гидравлической связью озера с внутридренажной системой) западные озера являются потенциально прорывоопасными. Озера могут прорываться как поверхностным путем, так и через грот [8, 9]. Прорывоопасность западных озер возрастает на стадии их развития. При этом при продвижении зеркала водной поверхности в сторону фронтального уступа морены увеличивается вероятность опорожнения озера поверхностным путем, а появление вблизи канала стока трещин, просадок, сползаний моренного чехла на уступе мо-

рены может свидетельствовать об увеличении вероятности прорыва озера через грот. В том и другом случае вероятность расходов прорывного паводка, достаточных для возникновения селеформирующих процессов, весьма велика. Наиболее вероятен прорыв западного озера при гидрометеорологической ситуации, типичной для формирования гляциальных селей [10]. После прорыва озеро может прекратить свое существование, либо перейти в разряд аперiodически заполняющегося.

*Провальные озера* заполняют трещины, провалы, термокарстовые воронки, образованные в результате термокарстовых процессов и разрывных деформаций погребенного льда ледниково-моренного комплекса. Часто провальные озера называют термокарстовыми. Озера провального типа приурочены преимущественно к большим долинным ледникам, на моренах которых часто располагаются группами. Приток воды в термокарстовые озера осуществляется внутриморенным путем. Плотиной провальных озер обычно служит лед, покрытый моренным материалом. Провальные озера имеют постоянные места дислокации, могут характеризоваться долговременным существованием, проходя все стадии от развития до исчезновения. Провальные озера потенциально прорывоопасны. Прорывы их чаще всего осуществляются через внутреннюю дренажную систему. Вероятность прорыва увеличивается с увеличением размеров озера. Это сопровождается также изменениями и в дренажной системе, которые находят свое отражение и на поверхности морены в виде увеличения числа водопроводящих гротов, уменьшения уклона фронтального уступа морены, появления на нем трещин, воронок и провалов. Прорывные паводки могут инициировать возникновение селевых явлений. Вероятность селеформирующего прорыва возрастает у тех озер, у которых выходное отверстие грота расположено не более чем на 500 м от озера. Прорывы провальных озер наиболее вероятны на фоне высокой температуры воздуха при повышенной увлажненности (при условиях, критических для формирования гляциальных селей). После прорыва провальные озера долговременного существования с периодическим режимом заполнения могут регенерировать в виде аперiodически заполняющихся и кратковременно существующих водоемов.

*Аперiodически возникающие провальные озера* возникают в пустующих (иногда в течение многих лет) котловинах некогда наполненных, но опорожнившихся водоемов. Заполнение пустующей котловины начинается в случае, если традиционный транзит талых вод через нее оказыва-

ется невозможным. Одной из причин этого могут являться снежно-ледовые пробки, образующиеся в зимний период в дренажной и поверхностной системе стока. Апериодически возникающие озера существуют непродолжительное время, быстро наполняясь, и опорожняются, как правило, в течение одного теплого сезона. Опорожнение такого временного (апериодически заполняющегося) озера может происходить в виде истечения с небольшим (относительно обычного) повышением расхода, а также в виде прорывного паводка. Возможность стремительного опорожнения озера со значительным нарастанием расхода делает апериодически заполняющиеся озера потенциально прорывоопасными. Прорыв временного озера происходит преимущественно через грот вследствие разрушения снего-ледовой пробки в канале стока. Вероятность прорыва озера, появившегося и наполняющегося в ранее пустовавшей котловине, возрастает с увеличением его объема. Момент реализации прорыва достаточно случаен, не связан с гидрометеорологическими условиями. Прорывы временных (апериодически заполняющихся) озер часто обуславливают формирование селевых потоков, в том числе и крупного масштаба.

В Заилийском Алатау западинные озера широко распространены. В настоящее время здесь имеют место как озера, находящиеся в стадии консервативного состояния и деградации и характеризующиеся малой вероятностью прорыва, так и интенсивно развивающиеся с высокой степенью опасности прорыва. Так, с прорывами западинных озер на морене ледника Туюксу связан крупный селевой поток в бассейне р. Малая Алматинка в 1973 г.

Провальные озера также имеют достаточно широкое, хотя и менее чем западинные, распространение в Заилийском Алатау. В течение последних 30-ти лет ряд провальных озер, возникнув и развиваясь, неоднократно создавали селеопасную обстановку в различных бассейнах. Имели место случаи опорожнения провальных озер без существенных деформаций канала стока и формирования селевых явлений.

Провальные и западинные озера должны быть объектами наблюдений на всех стадиях возникновения и развития, а также и после их опорожнения. Управление селевыми рисками должно осуществляться путем уменьшения вероятности их прорывов. Это может достигаться с помощью переброски стока, контролируемого опорожнения. Реализация прорывоопасных ситуаций в на морене ледника Туюксу неоднократно приостанавливалась благодаря контролируемому опорождению озера №8, а на морене ледника М. Маметовой – снижением объема воды в одноименном озере.

Прорвавшееся и сформировавшее крупный селевой поток в 1977 г. озеро № 13 в бассейне р. Кумбельсу начинало вновь наполняться (за счет развития котловины и одной из частей его акватории), что в целях предотвращения прорыва потребовало сооружения в нем небольших временных отводящих дамб.

Временные, аperiодические заполняющиеся озера – довольно частое явление в Заилийском Алатау. Возникновение и развитие их заканчивалось прорывом с формированием крупного грязекаменного потока в бассейне р. Каскелен 1980 г. Однако, при последующих заполнениях озера (№16) в бассейне р. Каскелен и возникающей при этом опасности прорыва имели место его опорожнения в виде истечения с небольшими расходами, не вызвавшими формирования крупных селей. Возникнув в ранее пустовавшей котловине временное озеро в бассейне р. Средний Талгар, быстро наполнилось и прорвалось, сформировав грязекаменный поток, разрушивший спортивную базу «Альплагерь».

Превентивные мероприятия по опорожнению аperiодически возникающих озер затруднены в связи с внезапностью и кратковременностью их заполнения. Основные усилия по управлению селевыми рисками в данном случае связаны со своевременным выявлением опасности, оповещением о ней и принятием мер по сокращению возможного ущерба (прекращением доступа в зоны воздействия, эвакуация и др.)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 154 с.
2. Голубович В.А. О динамике некоторых элементов моренных образований Малоалматинских ледников. // Селевые потоки. – 1978. – Сб. 3. – С. 124-129.
3. Горбунов А.П. Гляциальные сели и пути их прогноза // Труды КазНИГМИ. – 1971. – Вып. 51. – С. 45-56.
4. Мочалов В.П., Виноходов В.Н. Прорывные паводки в бассейне р. Кайнды. // Селевые потоки. – 1985. – Сб. 9. – С. 124-129.
5. Мочалов В.П., Шевырталов. Е.П. Прорывной паводок в бассейне р. Кольсай 2 июля 1984 г. // Селевые потоки. – 1986. – Сб. 10. – С. 150-155.
6. Керемкулов В.А. Морфометрические характеристики и классификация моренных озер. // Селевые потоки. – 1985. – Сб. 9. – С. 36-46.

7. Попов Н.В. О селеопасных озерах гляциальной зоны Заилийского Алатау. // Проблемы противоселевых мероприятий. – Алма-Ата: «Казахстан», 1984. – С. 96-105.
8. Керемкулов В.А., Цукерман И.Г. Модель катастрофического опорожнения озера через проран в теле перемычки, сложенной рыхлообломочными породами // Селевые потоки. – 1984. – Сб. 8. – С. 92-110.
9. Керемкулов В.А., Цукерман И.Г. Модель опорожнения моренного озера через грот. // Селевые потоки. – 1985. – Сб. 9. – С. 59–70.
10. Керемкулов В.А., Киренская Т.Л. О прогнозировании прорыва моренных озер. // Селевые потоки. – 1985. – Сб. 9. – С. 84-92.

Южно-Казахстанский гуманитарный университет им. Ауэзова

Геогр. ғылымд. канд. Б. Тасболат

*Мақалада гляциалдық генезисті сел қауіп-қатерінің пайда болуына әсер ететін мореналық-мұздықтық көлдердің әр түрлі типтері қарастырылған.*

УДК

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СЕЛЕВОГО РИСКА**

Канд. геогр. наук Б. Тасболат

*Осуществлена идентификация селевых рисков. Разработан метод их оценки, который включает качественную и количественную оценки вероятности возникновения селей, а также социального, экологического и экономического ущерба, наносимого ими.*

Горные и предгорные территории Казахстана подвержены разрушительному воздействию селевых потоков, которые наносят ущерб населению, окружающей природной среде, техногенным объектам, оказывая негативное влияние на социальные, социально-экологические, экологические и экономические сферы. Проживание, природопользование и другая любая хозяйственная деятельность в этих зонах, сопряжена с селевыми рисками. Для обеспечения безопасности социально-хозяйственных объектов, населения и ландшафтно-природных комплексов и их устойчивого развития необходима идентификация селевых рисков и их оценка.

В процессе идентификации на территории Казахстана выделены селевые риски ливневого, гляциального и смешанного генезиса, а также сейсмогенные и техногенные.

Все сели возникают в результате выхода из равновесного состояния системы «вода – рыхлообломочный материал» и развития эрозионо-сдвигового, сдвигового или транспортного селеформирующего процесса. Различаются грязекаменные, грязевые и наносоводные селевые потоки (в зависимости от плотности селевой массы и гранулометрического состава последней).

Местом возникновения грязекаменных селевых потоков ливневого генезиса являются участки земной поверхности, характеризующиеся уклоном и условиями концентрации стока и рыхлообломочного материала. Такой участок, где возможно формирование грязекаменного или грязевого потока, называется селевым очагом. Необходимые для возникновения ливневых селевых процессов расходы воды формируются на прилегающих водосборах при выпадении осадков. При этом вода может вступать во взаимодействие с рыхлообломочным материалом, как при поверхностном, так и грунтовым и быстром грунтовым стоке.

Потенциальные селевые массивы, при взаимодействии водного потока с которыми происходит формирование гляциальных селей, представлены рыхлообломочным материалом уступов современных морен, озерных перемычек, разрушающихся при прорывах, а также селевых очагов, расположенных на древних моренах, и русловых отложениях по пути движения прорывных паводков. Водная составляющая система, нарушающая ее равновесное состояние с формированием селевого потока, формируется в пределах ледниково-моренного комплекса. Это может быть поверхностный или внутриморенный повышенный сток с ледника при интенсивном его таянии, высокий сток по дренажной системе морены вследствие таяния погребенных концов ледника, линз льда и вечной мерзлоты. Повышенный сток может возникнуть также в результате прорыва водоемов, расположенных в зоне ледниково-моренного комплекса.

Источником водной составляющей селей смешанного генезиса является выпадение осадков на тающих снег, таяние снежников, прорывы естественных водоемов (вне ледниково-моренной зоны) в результате интенсивного склонового стока и др.

Основными факторами формирования сейсмоселей являются активные тектонические процессы. Сейсмогенные напряжения земной коры, сеймотектонические деформации, сейсмические ускорения и вибрации подготавливают и вызывают смещение горных масс, коренным образом изменяют условия их устойчивости. При землетрясении, с одной стороны, происходит сбрасывание рыхлых и скальных грунтов, а с другой – подготавливаются новые горные массы к смещениям при последующих землетрясениях. При этом сход селей эпизодический, пути схода непостоянны. Стимулирующими факторами также являются специфические гидрогеологические условия, как-то наличие зон фильтрации, обводненность отложений, разрывные деформации в покровных отложениях и подстилающих коренных породах. Землетрясения могут породить изменения как внутренних, так и поверхностных каналов стока, в результате чего происходит переувлажнение грунта, что может вызвать сдвиговой процесс или выход поверхностных водотоков на новые сухие участки, где в свою очередь возникают эрозионно-сдвиговые процессы, и, в конечном счете, образуются селевые потоки.

Техногенными селевые потоки являются в случае, если водная составляющая или потенциальный селевой массив имеют инженерно-техническое происхождение (водохранилища, хвостохранилища, водопро-



воды и др. или отвалы горных выработок, хранилища твердых отходов и т.д.). Техногенные селевые потоки могут являться первичным источником селевого риска, либо быть вторичным. Вторичным источником селевого риска техногенные сели являются в том случае, если возникают вследствие негативного воздействия селей на техногенную водную (обуславливают прорывы искусственных водоемов и др.) или техногенную твердую (захватывают в процесс селеформирования рыхлообломочный материал промышленных отвалов и др.) составляющие. Первичным источником риска техногенные селевые потоки являются в случае возникновения вследствие иных, не связанных с селевыми явлениями, причин, например, в случае аварийных сбросов воды или пульпы при разрушении водоканалов, водохранилищ, хвостохранилищ, землетрясений, взаимодействия интенсивного ливневого стока с рыхлообломочным материалом техногенного происхождения и т.д.

Условия возникновения наносоводных селевых потоков достаточно многообразны. Они могут представлять собой послеселевой паводок, что довольно часто отмечается в русле основной реки после прохождения небольших грязекаменных селей (различного генезиса) в ее боковых притоках. Наносоводные селевые потоки могут наблюдаться вследствие разбавления паводочными водами основной реки грязекаменных селей, входящих в нее из боковых притоков. Они могут формироваться непосредственно в русле основной реки при прохождении паводков в результате срыва самоотмостки и переноса достаточно большого количества твердого материала во взвешенном состоянии (транспортного процесса). Наносоводные сели могут формироваться и на сильно эродированных поверхностях при интенсивном поверхностном стоке.

Селевые риски – это опасность негативных последствий прохождения селей, поэтому разработанный метод оценки включает блоки определения вероятности возникновения селей и их негативных воздействий.

Для *качественной* оценки рисков возникновения селей определены критические условия формирования ливневых (грязекаменных и наносоводных) селевых потоков, а также гляциальных селей; выявлены качественные признаки и численные значения гидрометеорологических факторов, обуславливающих опасность возникновения селевых рисков. Для *количественной* оценки риска возникновения селевых явлений предлагается обобщение статистических данных о прохождении селей при помощи теоретических функций распределения (Вейбулла, Гамма-распределение,

Бернулли, Пуассона) и статистическое моделирование селеформирующих факторов. Для оценки риска возникновения селевых явлений ливневого генезиса предложен расчет вероятности реализации критических (для начала селеформирования) значений интенсивности и продолжительности дождей на основе математической модели случайного процесса выпадения осадков. Для оценки риска возникновения гляциальных селей используется метод Байеса. Кроме того, для количественной оценки риска возникновения селей могут применяться расчеты характеристик селевых потоков различной обеспеченности на основе математического моделирования процессов селеформирования.

Для определения риска негативных последствий прохождения селей выявляются зоны деструктивного воздействия селевых явлений (ноксосферы), состав и характеристики реципиентов, подвергающихся этому воздействию, а также качественные и количественные оценки последнего.

Территориями негативных последствий являются не только зоны формирования, прохождения и отложения селевых потоков, но и зоны поражения при возможных вторичных чрезвычайных ситуациях, вызванных разрушениями опасных промышленных объектов, плотин, дамб и т.д. Определение зон воздействия селевых потоков осуществляется по оставленным ими следам (с помощью дешифрирования аэрофотоснимков и экспедиционных обследований), исходя из общих закономерностей процессов формирования и прохождения селей, а также путем математического моделирования процессов селеформирования. Расчет границ зон поражения при чрезвычайных ситуациях, вызванных воздействием селей на опасные объекты, может производиться по специальным формулам, применяемым для этих целей в системе Гражданской обороны. Для определения ноксосфер прямого и вторичного воздействия разработаны типовые сценарии развития рисков событий.

Определение состава реципиентов из числа компонентов окружающей среды, населения, объектов социально-хозяйственного назначения осуществляется исходя из сценария развития рисков ситуаций в пределах зон воздействия собственно селевых потоков и зон вторичных чрезвычайных ситуаций, ими обусловленных. При этом определяются реципиенты, подвергавшиеся как прямому, так и опосредованному воздействию. Информация о компонентах (объектах) социо-, эко- и техносферы, испытывающих негативные последствия прохождения селевых потоков, может быть получена в результате дешифрирования крупномасштабных космо- и

аэрофотоснимков селеопасных территорий, наземных обследований, анализа данных о прошедших селях, использования методов контрольных списков, матриц, сетей, ГИС-технологий, имитационного и статистического моделирования. Каждый реципиент рассматривается с позиций его значимости в системе «человек – природа – хозяйство», а также в сфере, к которой он относится (биосфера, социосфера, техносфера), с учетом причинно-следственных связей социального, экологического и экономического характера; оценивается его уязвимость. Уязвимость каждого реципиента зависит как от многих его внутренних свойств (адаптированность к опасным явлениям, адекватность реакций). Уязвимость реципиентов с изменяющимся местоположением – это, к тому же, вероятность совпадения последнего с зоной воздействия проходящего селевого потока. С другой стороны, уязвимость населения, окружающей природной среды, хозяйственных объектов зависит от развитости систем, призванных обеспечивать безопасность жизнедеятельности. Оценка уязвимости осуществляется для каждого реципиента и системы, частью которой он является, для различных сценариев воздействия при прохождении селевых потоков различного генезиса.

*Качественная* оценка воздействий селевых потоков – это определение последствий прохождения селей, выраженных в натуральных единицах. На этапе качественной оценки осуществляется классификация негативных последствий воздействия селей. Поскольку реципиентами являются объекты (компоненты) систем различной природы (социосферы, биосферы, техносферы), классифицирующие критерии воздействия основываются на едином для всех объектов и систем свойстве – устойчивости, а классы воздействий определяют степень ее нарушения и соответствующие им последствия. Выделяются классы воздействий в пределах нормы и допустимого риска (которые компоненты систем успевают ассимилировать благодаря срабатыванию функций самовосстановления и саморегуляции), а также критических и катастрофических (превосходящих предел устойчивости и вызывающих изменения вплоть до появления необратимых процессов, невозможных для восстановления).

*Количественная* (экономическая) оценка воздействия селевых явлений – это монетарная оценка негативных последствий прохождения селей, описанных при качественном их анализе в натуральных единицах измерения. Количественная оценка воздействия осуществляется для компонентов социо-, эко- и техносферы по рыночным ценам, учитывает потери

(стоимость объектов, не поддающихся восстановлению и др.), затраты (стоимость аварийно-восстановительных работ, замещения выведенных из использования объектов и т.д.) и убытки (недополученную прибыль и др.).

Комплексная оценка селевых рисков осуществляется в целях выбора оптимального способа управления им. Селевые риски должны определяться в виде следующих показателей: максимального единовременного селевого риска; суммарного селевого риска в течение заданного многолетнего периода; ежегодного селевого риска. Максимальный единовременный селевой риск определяется в предположении прохождения самого крупного из возможных для данного селевого объекта селевого потока, наибольшей площади ноксосферы, наибольшего негативного воздействия на всех реципиентов прямого и опосредованного влияния в социо-, эко- и техносферах и полной их уязвимости. Суммарная оценка селевого риска в течение заданного промежутка времени складывается из ущербов, наносимых на исследуемой территории, (объекте), всеми селевыми потоками, которые могут пройти здесь за указанный период. При оценке суммарного риска за меньший промежуток времени (более года, но менее 100 лет) должны учитываться разные вероятности реализации в течение рассматриваемого периода селевых явлений различной мощности, определяемые по ранее построенным кривым распределений и их теоретическим описаниям. Оценка ежегодного селевого риска осуществляется из предположения прохождения одного селевого потока в год. При этом должны рассматриваться несколько вариантов селевых рисков, предусматривающих прохождение как максимально крупного грязекаменного потока, так и небольшого селя.

Оценка селевого риска для конкретной территории должна осуществляться периодически по мере строительства противоселевых защитных сооружений, снижающих степень риска, увеличения или уменьшения хозяйственного освоения территории, оказывающих влияния на величину потенциального ущерба от селей, прохождения селевых потоков или ожидаемой активизации селевой активности.

Параллельно оценке селевого риска должен осуществляться селевой контроллинг, целью которого должно являться выявление и недопущение несанкционированного размещения объектов в зонах возможного воздействия селей, контроль за выполнением предписаний о необходимости проведения селезащитных мероприятий на объектах, располагаемых в ноксосферах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 154 с.
2. Думитрашко Н.В. К вопросу о прогнозе селей геоморфологическими методами // Труды ИГ АН СССР. – 1984. – Вып. 62. – С. 97-99.
3. Медеуов А.Р., Нурланов М.Т. Селевые явления сейсмоактивных территорий Казахстана (Проблемы управления). – Алматы, 1996. – 202 с.
4. Степанов Б.С., Степанова Т.С. Механика селей. М.: Гидрометеиздат, 1991. – 379 с.

Южно-Казахстанский гуманитарный университет им. Ауэзова

Геогр. ғылымд. канд. Б. Тасболат

*Сельдік қауіпқатерлерді сәйкестендіру іс жүзіне асырылды. Оларды бағалаудың әдісі әзірленді. Ол сельдердің пайда болу ықтималдығының сапалық және сандық бағаларын, сондай-ақ олардын келетін әлеуметтік, экологиялық және экономикалық зияндарын қамтиды.*

УДК 551.8+551.435.1+551.435.06

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА ФОРМ РЕЛЬЕФА СЕВЕРНОГО СКЛОНА ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ КОМПЛЕКСНЫМ МЕТОДОМ**

Доктор геогр. наук      Б.С. Степанов  
Канд. геогр. наук      Р.К. Яфязова

*Комплексный анализ количественных данных о строении конусов выноса рек северного склона Заилийского Алатау, положения и степени сохранности морен, данных об изменении глобального климата в плейстоцене и влияния его на селевую активность позволяют составить целостную картину оледенений плейстоцена, формирования морен, их разрушения в ходе резкой активизации селей в межледниковые периоды, прогнозировать масштабы селевых явлений в ходе потепления климата 21 века.*

Практически полное отсутствие данных об абсолютном возрасте рельефа северного склона Заилийского Алатау крайне затрудняет не только воссоздание истории развития хребта, но даже определение числа оледенений в плейстоцене, сказавшихся на строении горной и предгорной зон. Единого мнения о количестве оледенений Заилийского Алатау не существует. С.Е. Дмитриев, К.И. Богданович, В.П. Голоскоков придерживались гипотезы о двукратном оледенении Заилийского Алатау [1].

В.М. Чупахин считал «... вполне доказанным, что в Тянь-Шане были две самостоятельные эпохи оледенения, разделенные периодом значительной продолжительности ... . Первая эпоха ... приходится на конец третичного периода. Это оледенение можно считать максимальным, так как соответствующая ему морена обнаруживается в предгорьях многих горных хребтов Тянь-Шаня. Вторая эпоха древнего оледенения приурочена к среднему или позднечетвертичному времени ... . С первой эпохой (максимальное оледенение) было связано накопление грубообломочного несортированного материала ... мощность их – от 50 до 100...200 м. Они залегают на свите палево-бурых глин и мелкогалечных конгломератов плиоцена, а иногда на эродированной поверхности палеозойского фундамента. Морена максимального оледенения хорошо сохранилась в северных предгорьях Заилийского Алатау, в долине р. Малая Алматинка. ... Морены последнего оледенения (второго) развиты в днищах древних

трогов ... . Так, морена последнего оледенения встречается на высоте 1800 м ниже устья р. Горельник ...» [8].

По мнению С.Ф. Машковцева, Н.Г. Кассина, Н.Н. Костенко [1], Г.Ц. Медоева [6], Д.Н. Казанли [4] и др. северный склон Заилийского Алатау пережил трехкратное оледенение. М.Ж. Жандаев придерживался также гипотезы о трехкратном оледенении [2].

М.И. Ломонович выдвинул гипотезу о четырехкратном оледенении Заилийского Алатау в плейстоцене «... первое – покровное, второе – полупокровное и два – долинных» [3]. К сожалению, аргументация вышеупомянутых гипотез отсутствует либо малоубедительна.

С трудностями диагностики морен, зачастую внешне похожих на отложения селей или тела обвалов, связаны разноречивые представления исследователей о размерах ледников в ту или иную эпоху: одни и те же крупнообломочные отложения трактовались как ледниковые или флювиогляциальные, и как аллювиально-пролювиальные (селевые). В зависимости от этого масштабы оледенений могут выглядеть как грандиозные или гораздо более скромные.

Морфология древнего оледенения в значительной мере определялась высотой гор и их рельефом в ту или иную эпоху. Широкое распространение получила гипотеза, в соответствии с которой первое оледенение развивалось в условиях слабого расчленения рельефа гор, высота которых находилась в пределах 2000...2500 м. Если бы упомянутая гипотеза была верна, развитие оледенения могло идти от локально очагового в нижнечетвертичную эпоху к покровному (покровно-долинному) в среднечетвертичную, а при его сокращении в верхнечетвертичную эпоху – к горно-долинному типу. По другому бы ситуация развивалась, если оледенение Тянь-Шаня началось с полупокровного типа, а по мере роста гор и расчленения рельефа трансформировалось в горно-долинное. По нашему мнению, оледенения плейстоцена в Заилийском Алатау начались, когда его рельеф, в том числе основные долины северного склона, уже сформировались [7].

Какая из упомянутых выше гипотез верна, можно установить путем стратиграфического расчленения четвертичных отложений на основе широкого комплекса критериев или принципов. Однако, как отмечал еще М.И. Ломонович [3], использование «палеонтологического принципа» и «микрофлористического критерия» невозможно из-за непреодолимых трудностей. Такое положение сохранилось и до настоящего времени. Ар-

хеологические находки относятся к историческому времени и поэтому для стратиграфии описываемого района не имеют существенного значения.

Реальной основой стратиграфического расчленения может служить структурно-геоморфологический анализ, опирающийся на крупные геологические события, в совокупности с новейшими данными об изменении глобального климата Земли в четвертичном периоде. Следствием таких событий являются морены, террасы речных долин, конусы выноса и т.д. За последние десятилетия получены новые данные об изменении глобального климата Земли [11] и строении конусов выноса рек северного склона Заилийского Алатау. Установлено [9, 10, 11, 12], что:

- конусы выноса на 90 % и более состоят из отложений селей;
- в зависимости от характеристик речных бассейнов, конусы выноса имеют объемы от сотен миллионов до первых десятков миллиардов кубометров;
- мощные сели, отлагающиеся, благодаря их большим объемам и расходам, на конусах, не формируются в ледниковые периоды;
- в ледниковые периоды на поверхности конусов образуется лессовый покров, его мощность в вюрме в западной части хребта находилась в пределах 20...30 м;
- селевая активность достигала максимума в межледниковые периоды, когда летняя температура воздуха превышала на 2...3 °С современное значение;
- основной вынос наносов осуществляется селями дождевого генезиса;
- разрушение лессового покрова на конусах выноса осуществляется преимущественно водными потоками в периоды активизации твердого стока;
- верхняя предгорная ступень образовалась в результате подъема участка равнины, примыкавшего к осевой части хребта, на котором ранее происходило отложение селей (на древних конусах), и аллювия и пролювия (в междуречьях);
- основной рельеф верхней предгорной ступени, в частности участки горных долин западной части хребта, сформировался в рисс-вюрмском межледниковье.

В результате бурения скважин на ледниковых щитах Антарктиды и Гренландии определены не только максимальные амплитуды температур, имевших место в упомянутых регионах за последние сотни тысяч лет, но и



их изменение во времени. Выявлены синхронные изменения климата в южном и северном полушариях. Тем самым, в значительной мере, подтверждены и расширены сведения об изменении глобального климата в плейстоцене, полученные другими методами.

Оценим изменение масштабов оледенений и селевой активности на северном склоне Заилийского Алатау на примере бассейнов рек Малая Алматинка и Аксай, расположенных в центральной части хребта. Бассейны этих рек близки по площадям водосборов и современных оледенений, объемам конусов выноса (с учетом истории их образования). На последнем остановимся более подробно.

Объем наносов, вынесенных из горной части бассейнов рек северного склона Заилийского Алатау, определяется объемом, образующихся наносов, а также возможностью их выноса (селями, водными потоками, ветром). Объемы наносов зависят от морфометрических характеристик бассейнов, распределения площадей по высотным зонам, климатических характеристик, тектонической активности в пределах бассейнов и т.д. Определение объемов конусов выноса рек северного склона Заилийского Алатау показало, что их величины хорошо коррелируются с упомянутыми факторами.

Было также установлено, что объемы конусов рек Аксай, Каскелен, Чемолган, Узункаргалы в 2...2,5 раза меньше, нежели это следует из выявленной закономерности изменения объемов конусов от упомянутых выше факторов. Объясняется это тем, что вершины конусов рек Иссык, Талгар, Малая и Большая Алматинки практически примыкают к коренной части хребта, т.е. отложение наносов, образовавшихся в соответствующих бассейнах в плейстоцене, приводило к увеличению размеров площадей и величин объемов конусов. В отличие от них, вершины современных конусов рек Аксай, Каскелен, Чемолган и Узункаргалы удалены от коренного хребта на 10...20 км и это пространство занято верхней предгорной ступенью.

Следовательно, современные конусы выноса рек Аксай, Каскелен, Чемолган и Узункаргалы начали формироваться одновременно с верхней предгорной ступенью в ходе поднятия древних конусов выноса упомянутых выше рек.

Изучение геологического строения конусов выноса показало, что мощность лессового чехла на конусах выноса существенно различна: от 0 до 20...30 м, причем какие-либо закономерности в изменении

мощности чехла не обнаружены. Так, мощной толщей лесса перекрыта западная половина конуса р. Каракастек, а реки Узункаргалы – восточная. На конусах рек Каскелен и Чемолган мощный лессовый покров разрушен преимущественно в центральных частях, на конусах рек Аксай и Большая Алматинка мощный лессовый чехол остался лишь в юго-восточных частях конусов, на конусе реки Малая Алматинка – в виде останцев мощностью до 10 м и т.д.

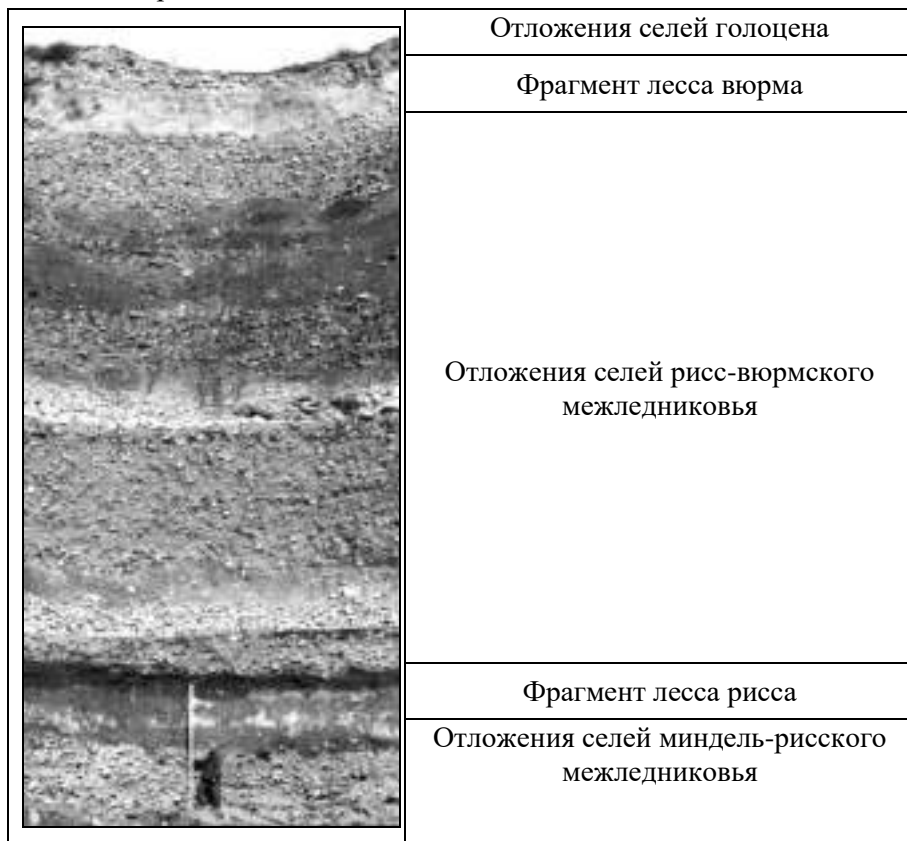
На большей части площадей, где мощный лессовый покров разрушен, имеет место отложение лесса мощностью от долей до 3 м. И лишь на незначительных площадях конусов, как правило, прилегающих к современным руслам рек, лессовый покров полностью разрушен и на дневную поверхность выходят аллювиальные и селевые отложения. Поскольку нет оснований предполагать, что скорость накопления лесса существенно изменялась в период оледенения, ее величина, в первом приближении, может быть определена как частное от деления мощности лессового чехла на длительность оледенения. Для вюрмского оледенения скорость накопления лесса составляла 0,3...0,4 мм/год.

Изучение строения конуса р. Аксай показало, что гипсометрические отметки поверхности отложений рисс-вюрмского межледниковья (находящихся под 20...30 метровой толщей лесса), отложений под 3-х метровым слоем лесса и поверхности современных аллювиальных и селевых отложений, находящихся на одинаковом удалении от вершины конуса, близки по величинам. В верхней трети конуса отложения рисс-вюрмского межледниковья имеют отметки, превышающие (от 0 до 3 м) современные значения, в средней части конуса выноса отметки близки по величинам, в нижней трети – высотные отметки современных отложений превышают (на доли метра) отметки поверхности отложений рисс-вюрмского межледниковья. Подобная картина имеет место и на конусах рек Большая и Малая Алматинки.

Сказанное выше, а также то обстоятельство, что на поверхности лессовых чехлов отсутствуют отложения селей, позволяют сделать вывод: вынос наносов в голоцене был крайне незначительным. Напротив, мощная толща селевых отложений между прослоями лессов, образовавшихся в риссе и вюрме (рис.), свидетельствуют о высокой селевой активности в рисс-вюрмском межледниковье.

Другими выводами, представляющими большой интерес при оценке селевой активности в плейстоцене, являются:

- большую часть объемов современных конусов рек Аксай, Каскелен, Чемолган, Узункаргалы составляют отложения рисс-вюрмского межледниковья;
- суммарные объемы выноса наносов в межледниковья, возраст которых превышает рисс, примерно равны отложениям рисс-вюрмского межледниковья.



*Рис. Строение конуса выноса р. Аксай (хр. Заилийский Алатау).*

Рельеф верхней предгорной ступени формировался в основном в рисс-вюрмском межледниковье. Нижняя часть долины р. Аксай (6...7 км) образована врезанием селей (в значительно меньшей мере – реки) в отложения древнего конуса, вершина которого примыкала к осевому хребту в районе обвала Акжар. Глубина вреза около 200 м. Гранулометрический состав древнего конуса свидетельствует о его селевом генезисе. В области примыкания верхней предгорной ступени к осевому хребту на дневную поверхность выходят красноцветные третичные отложения. Более молодые отложения, в результате активиза-

ции процессов денудации на крутых склонах контактной зоны, к настоящему времени практически уничтожены.

В средней части склона долины р. Аксай, сформировавшейся в древнем конусе выноса (в 1...2 км севернее Акжарского обвала, орографически правый склон долины), на дневную поверхность выходят останцы отложений мощностью до 5 м. Наиболее крупные фракции этих отложений не превышают 0,05 мм, основной состав – пылеватые частицы. Если это эоловые отложения, то селевые отложения, расположенные выше лесовидных пород, имеют возраст миндель-рисского межледниковья, а расположенные ниже – гюнц-миндельского. В пользу этой гипотезы говорят как мощности этих отложений (50...75 м), так и их гранулометрические составы: с глубиной количество крупных фракций уменьшается.

Поскольку, как отмечалось выше, характеристики бассейнов рек Аксай (где степень изученности строения конуса выноса наиболее высока) и Малая Алматика (в долине которой в достаточно хорошей мере сохранились морены древних оледенений) близки по своим величинам, метод географических аналогий позволяет использовать данные по бассейну р. Аксай для датировки морен долины р. Малая Алматинка. То обстоятельство, что объемы выноса моренных отложений из долины р. Малая Алматинка на участке Медеу – Ворота Туюксу (определены по результатам реконструкции участка древней морены) соизмеримы с объемом отложений селей в рисс-вюрмском межледниковье на конусе р. Аксай, с большой степенью достоверности можно утверждать, что упомянутая выше морена формировалась в ходе рисского оледенения. На это указывает и практическое равенство гипсометрических отметок отложений на конусе р. Малая Алматинка, находящихся под мощной толщей (около 10 м) лесса, и отложений, выходящих на дневную поверхность, что свидетельствует о незначительных объемах выноса наносов в период времени, охватывающий конец вюрма-голоцен.

В свою очередь, последнее дает основание утверждать, что морена, фронтальная часть которой расположена в долине р. Малая Алматинка в районе Ворот Туюксу, сформировалась в период вюрмского оледенения. На это указывают и практически полная ее сохранность, а также высотное положение. Как следует из данных о глобальном климате за последние 12 тыс. лет, изменения температуры, которые могли привести к понижению высотных отметок снеговой линии на величину, превышающую 500 м, не имели место. Стадиальные морены голоцена располагаются в высотном интервале

3200...3600 м (степень их разрушения крайне незначительна), положение морен хорошо согласуется с изменением климата в голоцене.

Большой интерес представляют рыхлообломочные отложения, находящиеся, по данным геофизических исследований, проводившихся в период Международного геофизического года, под ледником Туюксу. Их мощность колеблется от 70 до 100 м и, следовательно, они не могут быть современной донной мореной ледника Туюксу. Мощность донных морен, как правило, не превышает размеров наиболее крупных фракций моренных отложений (10...15 м). Маловероятным представляется и их формирование в рисс-вюрмском межледниковье, так как в ходе мощного и длительного вюрмского оледенения эти отложения были бы захвачены и перенесены на более низкие гипсометрические отметки. Наиболее вероятно их формирование в оптимуме голоцена, когда деградация оледенения могла приводить к практически полной дегляциации бассейна р. Малая Алматинка. Однако следствием этого должно было быть резкое увеличение селевой активности дождевого генезиса, сопровождавшееся значительным выносом наносов на конус выноса. Их отсутствие может быть объяснено задержанием селей в высокогорной зоне стадиальными моренами вюрма, сыгравшими роль селезадерживающих плотин, вследствие чего не произошел не только вынос наносов на конус, но даже не разрушена конечная морена вюрмского оледенения. Последнее характерно для всех бассейнов рек северного склона Заилийского Алатау.

Еще совсем недавно «... основные моменты, благодаря которым вопрос о древнем оледенении превратился в одну из центральных проблем палеогеографии четвертичного периода ...» формулировались следующим образом: «... Несмотря на многолетние поиски до сих пор не обнаружено органических остатков в моренах, не получены датировки абсолютного возраста ... . Пока еще их возраст, как и сто лет назад, определяется геоморфологическим методом, не имеющим общепризнанных правил. Отсюда – широко распространено явление, когда одни и те же морены или «оледенения» датируются по-разному. Все это не позволяет достаточно определенно судить ни о начале «ледникового периода», ни о возрасте его отдельных фаз и стадий. С проблемой ледниковых ритмов в плейстоцене тесно связан вопрос о межледниковьях. Однако еще не установлено таких отложений, в которых органические ископаемые остатки указывали бы на существование климатических условий в горах Тянь-Шаня, Джунгарии, Алтая, более теплых, чем современные. Нет единого мнения, какие отло-

жения в экстрагляциальной зоне считать межледниковыми, а какие синхронными оледенениям» [5].

Как показано выше, комплексный анализ количественных данных о строении конусов, образованных выходом селей на предгорную равнину, положения и степени сохранности морен, расположенных в широком диапазоне гипсометрических отметок, данных об изменении глобального климата в плейстоцене и влияния его на селевую активность позволяют составить целостную картину оледенений Заилийского Алатау, формирования морен, их разрушения в ходе резкой активизации селей в межледниковые периоды, образования верхней предгорной ступени, формирования конусов выноса на предгорной равнине. Все эти события имеют жесткую привязку во времени к глобальным изменениям климата в плейстоцене. Последнее имеет и большое практическое значение, так как позволяет прогнозировать масштабы селевых явлений в ходе потепления климата в 21 веке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов В.А. О следах древнего оледенения в Заилийском Алатау / Гляциологические исследования в период МГГ. Заилийский и Джунгарский Алатау. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1961. – С. 150-167.
2. Жандаев М.Ж. Палеогеографические условия формирования гидрографической сети и речных долин Заилийского Алатау / Проблемы физической, экономической и медицинской географии Казахстана. – Алма-Ата, 1967. – С. 26-34.
3. Илийская долина, ее природа и ресурсы / Под общ. ред. М.И. Ломоновича. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1963. – 341 с.
4. Казанли Д.Н. Формирование Заилийского Алатау как орографической единицы // Известия АН КазССР, Сер геол., 1954. – Вып. 18. – С. 17-28.
5. Костенко Н.Н. Четвертичные отложения Казахстана и прилежащих территорий союзных республик. – Алма-Ата, 1978. – 157 с.
6. Медоев Г.Ц. Геологические условия образования грязе-каменных потоков в бассейне р. Малой Алматинки // Тр. КГМИ. – Алма-Ата, 1938. – Вып. 1. – С. 5-22.
7. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. К формированию рельефа северного склона Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. – 2002. – № 2. – С. 100-113.
8. Чупахин В.М. Физическая география Тянь-Шаня. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1964. – 373 с.

9. Яфязова Р.К. Объем конуса выноса как показатель селевой активности // Гидрометеорология и экология. – 2002. – № 2. – С. 90-99.
10. Яфязова Р.К. Проблемы оценки селевой активности на северном склоне Заилийского Алатау / Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы гидрометеорологии и экологии». – Алматы, 2001. – С. 36-39.
11. Яфязова Р.К. Селевая активность в Заилийском Алатау в прошлом, настоящем и будущем / Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. – Алматы, 1998. – С. 511-515.
12. Jouzel, J., Lorius, C., Petit, J.R., Barkov, N.I. & Kotlyakov, V.M. 1994. Vostok isotopic temperature record. In T.A. Boden, D.P. Kaiser, R.J. Seppanski & F.W. Stoss (eds.), *Trends '93: A Compendium of Data on Global Change*: 590-602. ORNL/CDIAC-65. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., USA.
13. Yafyazova R.K. Influence of climate change on mudflow activity on the northern slope of the Zailiysky Alatau Mountains, Kazakhstan. // *Proceedings of the Third International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment*, 2003 – Davos, Switzerland. P. 199-204.

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

### **КОМПЛЕКСТІ ...ДІСПЕН ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҰ СОЛТІСТІК БЕТКЕЙІНДЕГІ ЖЕР БЕДЕРІ ФОРМАСЫНЫҰ ҚСҰІН АНЫСТАУ**

Геогр. Жылымд. докторы                      Б.С. Степанов  
 Геогр. Жылымд. канд.                         Р.К. Яфязова

*Іле Алатауының солтiстiк беткейiндегi қазiргi кезеңде конусты жру туралы сандық м.,ліметтерге комплекстік талдау, мореналардың сапалық және жері ж.,не жағдайы, плейстоценде климаттың кезеңді өзгеруі туралы м.,ліметтер ж.,не оның селдік және плейстоценнің мұздану, моренаның жалыптасуы, мұздану аралығындағы кезеңдерде сел болғанда оның керт бғылу кезіңдерін жруға мүмкіндіктер береді, 21 Жасырдағы климаттың жылыну барысында сел жылысы масштабтарын болжау.*

УДК 504:661.631.4

**ПЕРЕРАБОТКА ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ ШЛАМОВ С  
ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ФОСФОРА**

Канд. техн. наук

С.В. Викторов

*Для улучшения экологических показателей существующего производства извлечения фосфора электротермией предложены новые технологии по переработке «богатых» и «бедных» фосфорсодержащих шламов с извлечением фосфора.*

Фосфор играет важную биологическую роль в жизнедеятельности растительных и живых организмов [2, 7]. Наиболее перспективным и основным источником фосфатного сырья в Республике Казахстан для производства фосфора является фосфоритный бассейн Каратау-Жанатас, интенсивное развитие которого послужило созданию фосфорной промышленности по производству фосфора, термической фосфорной кислоты, моющих средств, технических солей, фосфорных удобрений и кормовых фосфатов. Наиболее крупным потребителем фосфатов является сельское хозяйство. Потребность сельского хозяйства Республики Казахстан в различных удобрениях составляет 1,7 млн. тонн в год (расчетная потребность 3 млн. тонн в год, данные 1991 г.). Доля кормовых фосфатов от производимых удобрений как в нашей стране, так и за рубежом составляет примерно 15 %.

В 1988 году 75 % получаемого фосфора перерабатывалось на термическую фосфорную кислоту, более половины которой расходовалось на производство моющих средств и фосфорных солей, а остальная часть – на кормовые фосфаты и минеральные удобрения. Экспортировалось порядка 12 % фосфора. Остальное – это продукты прямой переработки фосфора и прочее [11]. Оставшиеся 10...15 % товарного фосфора использовались для получения производных элементарного фосфора: пентасернистого и трёххлористого фосфора, фосфидов различных металлов и фосфорорганических соединений. В настоящее время 10 % товарного фосфора перерабатывается на моющие средства, остальное отправляется на экспорт.

Применяемая в настоящее время технология получения элементарного фосфора основана на использовании системы двух последовательно соединенных конденсаторов скрубберного типа, в которых печной газ орошается циркуляционной водой, сконденсированный при этом фос-



фосфорсодержащий продукт собирается в фосфоросборниках, затем подается в отстойники-хранилища, где расслаивается на фосфор и так называемый фосфорсодержащий шлам, представляющий собой сложную трудноразделимую структурированную эмульгосуспезию, состоящую из фосфора, минеральной части и воды [8, 13].

Дисперсионный анализ шламов методом микроскопии показал, что фосфорсодержащие шламы являются полидисперсными системами с нормальным законом распределения частиц фосфора по объему. Фосфорсодержащие шламы включают в себя непрерывно распределенную дисперсионную среду – фосфор, в которой имеются включения шламовых коагуляций размерами 10...2000 мкм, представляющих собой дискретные частицы фосфора овальной формы, покрытые стабилизирующей органической пленкой из органических веществ, тонко-дисперсной пыли и воды на границах раздела фаз, и непрерывно распределенную дисперсную среду из минеральной части ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{F}$  и др.) в виде твердых частиц.

В гидродинамическом отношении эта трудноразделимая многокомпонентная система ведет себя как эмульгосуспезия. И, в зависимости от исходного состава агломерата, нарушений технологического процесса, подачи влажного сырья, при работе на пониженной мощности (при работе на одном электрофилт্রে) могут образовываться следующие эмульгосуспезии с твердыми частицами (дисперсоидами) из минеральной части по степени дисперсности  $d_f$ :  $d_f = (1...9) \cdot 10^{-5}$  м;  $d_f = (2...16) \cdot 10^{-5}$  м;  $d_f = (1...8) \cdot 10^{-4}$  м;  $d_f = 1,6 \cdot 10^{-3}$  м [6].

При содержании в эмульгосуспезии фосфора более 50 % («богатые» шламы) в ней больше признаков эмульсии, а при содержании фосфора менее 50 % («бедные» шламы) она проявляет в большей степени признаки суспензии.

Реологические исследования, проведенные с помощью капиллярного вискозиметра АКВ-2М при рабочей температуре 70 °С показали, что «богатые» фосфорсодержащие шламы ведут себя, как ньютоновские жидкости с динамическим коэффициентом вязкости  $\mu = 0,01367$  пуаз и плотностью  $\rho = 1,623$  г/см<sup>3</sup>, и хорошо описываются аналитической формулой Бэтчелора-Ванда.

В целях снижения выхода шлама электротермические печи РКЗ-48ф (ДПО «Химпром») с установленной мощностью 48 МВА и РКЗ-80ф (НДФЗ) с установленной мощностью 80 МВА снабжены электрофилтрами, которые при работе в нормальном режиме могут поглотить до 99 % поступающей пыли.

В настоящее время темпы развития фосфорной промышленности сдерживаются ухудшением качества фосфоритов, отсутствием действующих предприятий по реализации эффективных технологий обогащения и термической подготовки бедных и труднообогатимых руд сложного минералогического состава [1]. Это приводит к усложнению энергоемкого процесса возгонки фосфора (процесс протекает при температуре 1620...1770 °К с расходом на 1 тонну фосфора 14000...16000 кВт/ч электроэнергии) и его конденсации, что способствует выходу фосфорсодержащих шламов – продуктов конденсации фосфора с остатками пыли и летучих соединений до 30 % от объема получаемого фосфора, что привело за 35 лет работы ДПО «Химпром» к заполнению шламами испарительных бассейнов фосфорсодержащих стоков на 32 гектарах с содержанием фосфора в них от 20 % до 60 %.

Учитывая токсические свойства элементарного фосфора, его складирование и долгое хранение в испарительных бассейнах фосфорсодержащих стоков с позиции охраны окружающей среды и здравоохранения являются преступным экологическим нарушением, которое сурово наказывается в других странах. Например, в США за хранение фосфорного шлама в отстойнике фосфорное предприятие Rhodia Ink (штат Монтана), выплатила в 2004 году экологический штраф за два уголовных преступления: Сохранение Ресурса – 16,2 миллиона \$ США и Акт Восстановления – 1,8 миллионов \$ США. Штраф был наложен по приказу американского Управления по охране окружающей среды.

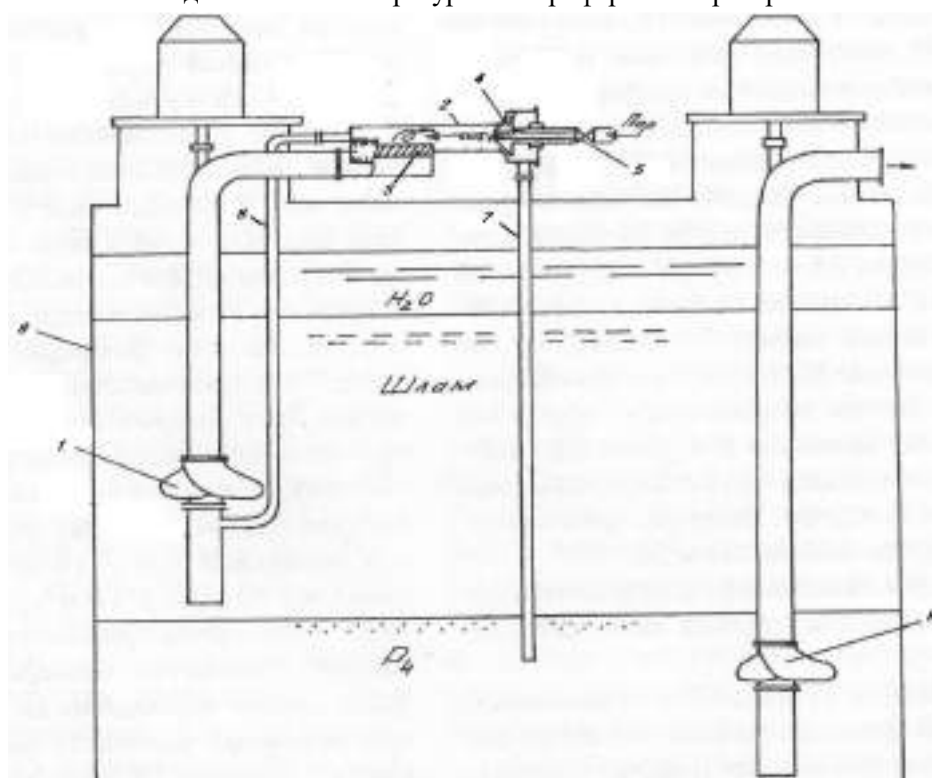
Поэтому актуальными остаются проблемы, направленные на внедрение экологичных и ресурсосберегающих технологий по извлечению фосфора из шлама и установок для их реализации с низкими капитальными и энергетическими затратами при высокой эффективности извлечения фосфора из шлама [3]. Исследования, посвященные разделению фосфорсодержащих шламов с извлечением фосфора, привели к созданию новых вихревых энергетических сепараторов [4, 9, 10, 12] и реконструкции известных центробежных сепараторов и центрифуг [5].

На основе выявленных режимов разрушения структуры фосфорных шламов и механизма энергетического разрушения текучей жидкой среды в энергетическом сепараторе разработаны новый способ и установка для извлечения фосфора из «богатых» шламов. Разработанная технология реализуется на установке с энергетическим сепара-

тором, смонтированным на погружном химическом насосе, установленном на отстойнике-хранилище шлама, приведенной на рисунке.

Разогретый фосфорсодержащий шлам насосом 1 нагнетается в энергетический сепаратор 2 через тангенциально установленную решетку кавитаторов 3, формируя закрученные вихревые струи в сторону конуса 4 с созданием противоточно вращающегося потока в осевой зоне, в которую путем открытия вентиля 5, спутно подают с закруткой водяной пар.

Центральный закрученный поток по трубе 6 всасывается насосом 1 и вновь нагнетается в сепаратор 2. Взаимодействие противоточных закрученных потоков шлама вместе с паром в режиме гидродинамической кавитации приводит к энергетическому разделению структуры шлама и расслоению фаз с повышением давления и температуры на периферии сепаратора 2.



*Рис. Установка для извлечения фосфора из шлама.*

Для извлечения агрегированного фосфора, сепарирующегося по периферии, открывают конус 4 с кольцевым зазором меньшим размеров, преобладающих минеральных частиц в шламе, в пределах 30...50 мкм. Вследствие высокой текучести, фосфор дросселирует под давлением из периферийной зоны сепаратора по трубе 7 в нижнюю часть отстойника 8.

Накапливаемые в сепараторе 2 отмытые минеральные частицы твердой фазы шлама периодически выносятся из последнего при остановке насоса 1 водяным паром по тракту: сепаратор 2 – труба 6 – насос 1 и далее флотационным выносом пузырьками пара через слой шлама на границу раздела «вода-шлам». Отсепарированный фосфор откачивается из отстойника 8 насосом 9.

Результаты опытно-промышленных испытаний энергетического сепаратора с диаметром камеры энергетического разделения 0,1 м, установленного на погружном насосе ТХИ 45/31, приведены в табл. 1. Технологический процесс и установка рекомендованы к внедрению для переработки фосфорсодержащих шламов [12].

Таблица 1  
Параметры технологического процесса извлечения фосфора из «богатых» шламов

Номер опыта	Средняя концентрация фосфора в исходном шламе, %	Расход пара, т/сут	Температура шлама, °С	Давление на входе в сепаратор, МПа	Производительность сепаратора по фосфору, т/сут	Концентрация фосфора, %		Степень извлечения фосфора, %
						в отводе	в сливе	
1	71,7	15	70	0,3	1,7	99,1	6,8	91,7
2	83,6	20	75	0,3	2,6	99,5	5,7	93,1
3	64,1	25	80	0,3	1,4	99,4	7,0	90,9
4	52,4	30	70	0,3	0,9	99,2	7,3	87,4
5	40,3	40	75	0,3	0,7	99,3	5,2	89,3

Количество фосфора в фосфорсодержащих шламах со средней концентрацией фосфора порядка 40 %, накопленного за период работы ДПО «Химпром» с 1968 г. в испарительных бассейнах фосфорсодержащих стоков, которые в настоящее время заполнены, в пересчете на элементарный фосфор составляет не менее 400 000 тонн.

При проектируемой мощности цеха по переработке фосфорсодержащего шлама с испарительных бассейнов на ТОО «Химпром» 50 тонн в сутки на их переработку уйдет 23 года. За это время цех выпустит продукции в ценах 2005 года на сумму 600 миллионов \$ США.

Для получения товарного фосфора по разработанной технологии потребуются следующие ресурсы: пар, вода, азот, сжатый воздух, электро-

энергия. При этом дополнительно извлекаемый фосфор из шлама характеризуется низкими эксплуатационными затратами и как продукт пользуется повышенным экспортным спросом. Одна тонна фосфора на мировом рынке стоит порядка от 1250 до 1500 \$ США, что позволит при его реализации получить высокую прибыль.

Для переработки «бедных» фосфорсодержащих шламов предлагается центрифугирование разогретой до (75...80) °С водной фосфорсодержащей эмульгосуспензии в тарельчатом сепараторе [5]. В процессе опытных испытаний в цехе № 5 ЖФ ТОО «Казфосфат» были получены положительные результаты со степенью извлечения фосфора 99,0 %. Данные испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры центрифугирования «бедных» фосфорсодержащих шламов

Номер опыта	Средняя концентрация фосфора в исходном шламе, %	Расход шлама, дм <sup>3</sup> /с	Расход воды, дм <sup>3</sup> /с	Температура шлама, °С	Производительность сепаратора по фосфору, кг/с	Концентрация фосфора в минеральной части, %	Степень извлечения фосфора из шлама, %
1	54,7	0,02	0,01	75	0,0175	0,69	99,31
2	43,3	0,02	0,015	80	0,013	0,55	99,45
3	25,2	0,02	0,02	80	0,007	0,7	99,23
4	15,5	0,015	0,025	75	0,0031	0,99	99,01
5	10,1	0,01	0,02	80	0,0013	1,04	98,96

Достоинством технологии является ее непрерывность и эффективность при низком содержании фосфора в исходном шламе порядка ~10 %

Реализация предлагаемых технологий по переработке «богатых» и «бедных» фосфорсодержащих шламов имеет важное значение для сохранения естественного фона окружающей среды, так как ареалы рассеяния и миграции токсичных компонентов фосфоросодержащих шламов из испарительных бассейнов создают в регионе область негативного давления загрязняющих веществ, формирующего опасную техногенную нагрузку на состояние окружающей среды: почвы, атмосферный воздух, поверхностные и грунтовые воды.

Автор приносит благодарность руководству и работникам ТОО «Казфосфат» и НДФЗ за содействие в работе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бержанов Д.С., Ажибаев Т.Р., Джусупов Б.М. Химическое обогащение фосфоритов Каратау для получения моносырья. КазгосИНТИ, Серия: неорганическая химия, обзорн. информ. Алматы, 1993. – 40 с.
2. В. Везер. Фосфор и его соединения. М.: ИЛ., Т.1, 1962. – 687 с.
3. Викторов С.В. Экспериментальные и промышленные испытания энергетического сепаратора / Научн.-техн. сб.: Новости науки Казахстана, КазгосИНТИ, Вып. 3. – 2002. – С. 33-37.
4. Закономерность формирования параллельно движущихся вихревых струй при течении потока газа или жидкости через систему поперек к нему расположенных дискретных источников / Авт.: О. С. Балабеков, А.А. Волненко, С.Ж. Пралиев, Б.Н. Корганбаев, М.О. Балабекова, С.В. Викторов. Научное открытие РАЕН, диплом № 269, 2004.
5. Заявка №2004/0265.1, кл. С 01 В 25/02, В 01 D 21/26. Способ извлечения фосфора из шлама / Франгулиди Л.Х., Викторов С.В., Голиков А.Н.; полож. реш. № 12-2/ИЗ-313 от 02.03.2005.
6. Кац В.Я. Гидромеханические процессы перемешивания в задачах утилизации фосфорсодержащих шламов и гомогенизация жидких продуктов фосфорных производств. Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Казань, 1991. – 34 с.
7. Кулаев И. С. Биохимия высокомолекулярных полифосфоров. М.: Химия, 1975. – 248 с.
8. Патрушев Д.А., Полубоярцев А.Г. О механизме образования и некоторых свойствах фосфорного шлама. М.: Хим. промышленность, №7. – 1964. – С. 409-502.
9. Предпатент РК № 12244, кл. F 25 В 9/04, С 01 В 25/02. Способ извлечения фосфора из шлама и установка для его реализации / Балабеков О.С., Барлыбаев М.Р., Викторов С.В., бюл. №11, 2002.
10. Предпатент РК № 14750, кл. F 25 В 9/02, F 04 F 5/42. Способ энергетической сепарации водной среды и энергетический сепаратор для осуществления способа / Балабеков О.С., Волненко А.А., Викторов С.В., бюл. № 7, 2004.
11. Производство фосфора и карбида кальция в СССР и за рубежом / Сост.: Ю.Я. Туров, В.В. Балашов, Е.В. Сотникова и др. ЛенНИИгипрохим, М.: 1988. – 50 с. (Пром-сть по пр-ву мин. удобрений. Сер.: фосфорн. пром-сть: обзорн. информ./ НИИТЭХИМ).

12. Разработка технологии энергетического извлечения фосфора из шлама (Испытание энергетического сепаратора для извлечения фосфора из шлама в опытно-промышленных условиях и разработка технической документации). Отчет о НИР (закл.) / КазгосИНТИ, гос. рег. №0199 РК 00178, инв. № 0200 РК 00717; ТарГУ им. М.Х. Дулати; рук. Викторов С.В., Тараз, 2000.-31 с.
13. Технология фосфора / Под. ред. В.А. Ершова и В.Н. Белова, Л.: Химия, 1979. – 336 с.

Таразский Государственный университет им. М.Х. Дулати

**ФОСФОРДЫ ШЫҒАРУ АРҚЫЛЫ ҚҰРАМЫНДА ФОСФОРЫ БАР  
ШЛАМДАРДЫ ҚАЙТА ӨНДЕУ**

Техн. ғылымд. канд.                      С.В. Викторов

*Қолданыстағы электротермия мен фосфор шығару өндірісінің экологиялық көрсеткіштерін жақсарту үшін жаңа технологиялар ұсынылды қайта өндеу «бай» және «кедей» фосфорды шығару арқылы құрамында фосфоры бар шламдарды.*

УДК 622.793.2-17:504

**ОСОБЕННОСТИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ МАССИВОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ПРИ  
ОРГАНИЗАЦИИ НА НИХ КАРЬЕРОВ**

Канд. техн. наук      Г.Т. Трунков  
Канд. техн. наук      М.А. Шинтемиров

*Приведены результаты экспериментальных исследований уплотнения-разуплотнения отложений хвостохранилищ при их намыве и при разработке карьеров для утилизации отходов*

Одним из путей снижения отрицательного влияния деятельности горно-обогатительных предприятий на геологическую среду является утилизация отходов технологических процессов. Отходы переработки горной массы имеют ряд полезных компонентов, использование которых в народном хозяйстве позволяет существенно сократить перерабатываемые объемы, уменьшить площадь отвода полезных земель и повысить рентабельность производства. Вторичная утилизация может позволить организовать производство материалов для промышленного и дорожного строительства (цемента, извести и др.). В ходе вторичного использования техногенных материалов из них могут извлекаться ценные попутные компоненты (металлы, редкоземельные элементы и др.). На базе утилизации может быть налажено производство минеральных удобрений.

К особенностям техногенного грунтового массива, каковым является хвостохранилище, следует отнести его гранулометрическую и плотностную неоднородность, являющейся результатом фракционирования – раскладкой частиц по крупности. В зонах, близких к месту выпуска пульпы, крупность намывтых хвостов является максимальной, а по мере приближения к пруду-отстойнику отложения характеризуются все меньшей крупностью. Зона отложения крупных песчаных фракций, называемых обычно пляжем, характеризуется сравнительно высокими плотностями укладки. Прудковые отложения отличаются обычно очень рыхлым сложением. Уплотнение пляжных грунтов под действием напряжений от собственного веса, протекает очень быстро во времени, ввиду больших коэффициентов фильтрации песчаных отложений, и следовательно, быстрого рассасывания избыточных поровых давлений. Процесс уплотнения рых-



лых водонасыщенных прудковых отложений (их консолидация) затягивается, обычно на очень долгий срок (иногда на несколько лет), так как характерной особенностью этих отложений являются малые коэффициенты фильтрации даже при больших коэффициентах пористости. Расчет напряженно-деформированного состояния техногенного грунтового массива, для проведения прочностных расчетов, необходимо производить с учетом нестабилизированного порового давления.

Снятие, с целью вторичной утилизации, некоторых объемов грунта с поверхности прудковой или пляжной зон хвостохранилища приводит к изменению напряженно-деформированного состояния. Процессы разуплотнения, сопутствующие уменьшением напряжений в скелете грунта, сопровождаются уменьшением избыточных поровых давлений. В том случае, когда мощность снимаемого слоя значительна, а коэффициент фильтрации грунта мал, избыточные поровые давления могут опуститься ниже атмосферных значений. Явление разуплотнения водонасыщенных грунтов или реконсолидация (по аналогии с консолидацией), характеризующееся отрицательным (ниже атмосферного) давлением в поровой воде, должно быть учтено при расчете напряженно-деформированного состояния массива на котором организуется карьер. Негативным фактором, влияющим на устойчивость борта такого карьера, являются фильтрационные напряжения которые, ввиду образующегося градиента напоров, воздействуют на скелет грунта. Наиболее актуальным, учет реконсолидации при расчете устойчивости, представляется для рыхло-сложенных массивов, грунты которых, к тому же, обладают малыми коэффициентами фильтрации. Необходимость учета процесса реконсолидации при расчете напряженно-деформированного состояния песчаных пляжных массивов, грунты которых обладают, обычно, большими коэффициентами фильтрации, должна выясняться в ходе экспериментальных исследований.

В лаборатории механики грунтов и устойчивости хвостохранилищ Санкт-Петербургского политехнического университета проведено исследование физико-механических свойств отложений хвостохранилищ в процессе нагружения и разгрузки. Экспериментальные исследования процессов уплотнения и разуплотнения проводились в условиях компрессионного сжатия и разгрузки для тонкодисперсных отложений прудковых зон хвостохранилищ Уральского алюминиевого завода (УАЗа), Верхнеднепровского горно-металлургического комбината (ВДГМК) и медного обогатительного комбината «Асарел» в Болгарии. Характеристики исследуемых грунтов приведены в табл..

Испытания проводились на стандартных приборах одноосного сжатия, дополнительно оборудованных датчиками для замера порового давления. Грунт в приборы загружался в виде пасты с заданной плотностью-влажностью. Уплотнение грунта производилась ступенями до полной стабилизации деформаций, разгрузка производилось аналогичными ступенями. Разгрузка грунта осуществляется по двум схемам – с подтоком воды и без него. При разгрузке грунта с возможностью подтока воды величина деформаций значительно больше, чем без него. Отмечено, что время стабилизации деформаций при разгрузке значительно больше, чем при нагрузке.

Таблица

Основные физические свойства грунтов

Исследуемый грунт	Плотность г/см <sup>3</sup>		Влажность			Число пластичности	Коэффициент	
	частиц грунта	начальная влажного грунта	естественная	на границе			пористости начальный	фильтрации начальный см/с
				текучести	раскалывания			
«Асарел», переходная зона	2,70	2,41	0,70	0,60	0,36	0,24	0,90	A 10 <sup>-5</sup>
«Асарел», прудковая зона	2,70	1,78	0,75	0,68	0,35	0,33	1,65	A 10 <sup>-7</sup>
ВДГМК, прудковая зона	2,70	1,20	2,80	0,62	0,32	0,30	7,54	A 10 <sup>-8</sup>
УАЗ, прудковая зона	3,49	1,53	0,78	0,57	0,34	0,23	3,06	A 10 <sup>-6</sup>

На рис. 1 приведены зависимости изменения модуля деформации грунта при нагрузке и разгрузке для прудковых отложений хвостохранилищ ВДГМК и УАЗа. Из графика видно, что величина модуля деформаций при разгрузке в 20...50 раз больше, чем при нагрузке в том же диапазоне изменения напряжений. Зависимость модуля деформаций от напряжений приобретает нелинейный характер на последних ступенях разгрузки.

При испытании отложений ВДГМК и «Асарел» опыты сопровождались замером поровых давлений в процессе нагружения и разгрузки. Приложение нагрузки приводило и появлению избыточного давления в поровой воде, которое постепенно, по мере стабилизации деформаций, уменьшилось до атмосферного. Снятие нагрузки с полностью консолидированного грунта вызывало снижение порового давления ниже атмосферного, а затем, по мере развития деформаций разуплотнения, повышение

его до атмосферного. На рис. 2 приведены графики изменения порового давления в образцах грунта переходной зоны хвостохранилища «Асарел» при ступенчатом (0,2 МПа) приложении и снятии нагрузки, иллюстрирующие влияние степени уплотнения грунта на экстремальное значение порового давления. Существенным различием процессов уплотнения и разуплотнения является более поздние сроки появления экстремального порового давления при разгрузке.

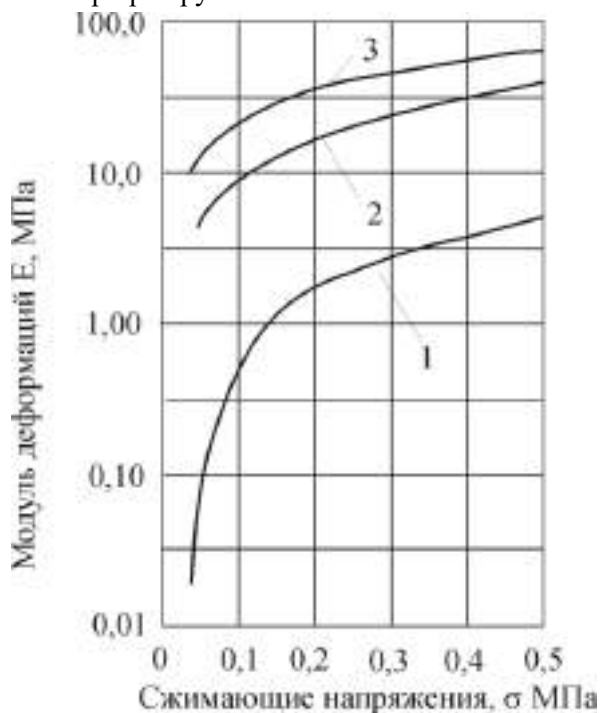


Рис. 1. Изменение модуля деформаций грунтов прудковых отложений УАЗа при нагрузке (1) и при разгрузке с подтоком воды (2) и без него (3).

На рис. 3 представлены результаты замеров порового давления в образцах грунтов различных по своим свойствам (хвостохранилище «Асарел», прудковая и переходная зоны). К образцам грунта прикладывалась уплотняющая нагрузка интенсивностью 0,2 МПа и в процессе стабилизации деформаций замерялось поровое давление. После затухания деформаций указанная нагрузка снималась и проводились замеры порового давления во времени до его стабилизации. Как видно на рисунке, время нахождения в нестабилизированном состоянии более глинистого грунта прудковой зоны в процессе уплотнения и разуплотнения значительно больше.

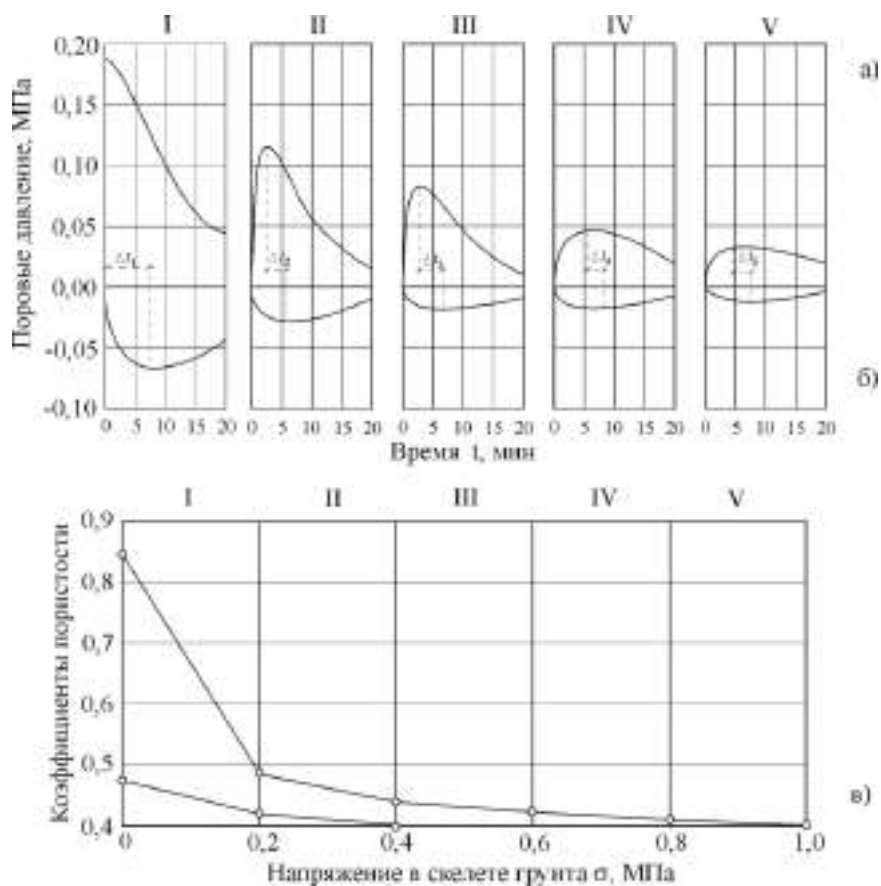


Рис. 2. Изменение избыточного порового давления во времени при приложении (а) и снятии (б) уплотняющей нагрузки и компрессионная кривая (в), характеризующая степень уплотнения. I...V – номер ступени прикладываемой к образцу или снимаемой с него нагрузки,  $\Delta t$  – разница во времени развития максимального порового давления при приложении и снятии одинаковых ступеней нагрузки.

Условия протекания опыта оказывает значительное влияние на развитие порового давления и деформаций разуплотнения. На рис. 4 показано изменение порового давления и деформаций грунта прудковой зоны хвостохранилища ВДГМК при разгрузке образцов, предварительно уплотненных сжимающей нагрузкой интенсивности 0,05 МПа. Как видно на графике, величина и время относительной деформации разуплотнения в условиях подтока к образцу воды значительно выше, чем без подтока. Экстремальное значение порового давления при подтоке воды и без него существенно не отличаются друг от друга, но выравнивание давлений быстрее происходит в первом случае.

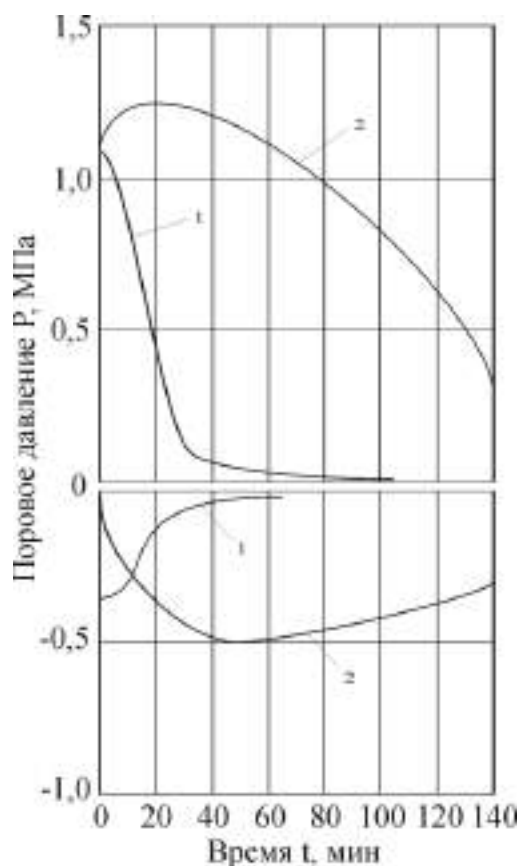


Рис. 3. Изменение во времени порового давления при приложении (а) и снятии (б) уплотняющей нагрузки для грунтов различных свойств. 1 – грунт переходной зоны хвостохранилища «Асарал»; 2 – грунт прудковой зоны.

В результате экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Снятие нагрузки, как и её приложение вызывает появление в грунте нестабилизированного состояния, характеризующегося избыточным (ниже атмосферного) поровым давлением. Процесс реконсолидации (разуплотнение сопровождающееся дефицитом давления в поровой воде) необходимо учитывать при определении напряженно-деформированного состояния разуплотняющегося грунтового массива.
2. Компрессионный модуль деформаций грунта при разгрузке значительно превышает модуль при нагрузке. Очевидно нелинейный характер разгрузочный модуль приобретает при малых приложенных нагрузках.

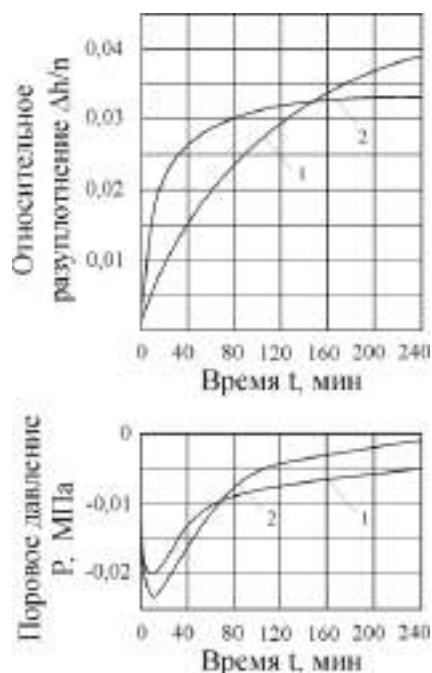


Рис. 4. Деформации (а) и поровое давление (б) при реконсолидации с подтоком воды (1) и без него (2).

3. Время стабилизации поровых давлений и деформаций при разгрузке значительно больше, чем при нагрузке. Это явление объясняется более ползучим характером процесса разуплотнения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений – М.: Высшая школа, 1991 – 447 с.
2. Флорин В.А. Теория уплотнения земляных масс. – М.: Стройиздат, 1948 – 284 с.

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет  
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

#### КАРЬЕРЛЕРДІ ҰЙЫМДАСТЫРУ КЕЗІНДЕГІ ҚОЙМА МАССИВТЕРІНІҢ КЕРНЕУ – ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІГІ

Техн. ғылым. канд. Г.Т. Трунков  
Техн. ғылым. канд. М.А. Шинтеміров

*Қоймадағы шөгінділерді шайыу кезіндегі нығыздау, сонымен бірге қалдықтарды пайдалану үшін карьерлерді босаңсытуды ұйымдастырудың эксперименттік зерттеулерінің нәтижесі қарастырылған.*

УДК 691.33:622.01:504

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ЭКОНОМИКИ МНОГОТОННАЖНЫХ  
ОТВАЛЬНЫХ ШЛАМОВ ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Канд. техн. наук Ш.К. Торпищев

Канд. техн. наук М.А. Шинтемиров

*В работе рассмотрены некоторые проблемы экологии и экономики отвальных шламов производства глинозема и перспективы их эффективной утилизации в строительной индустрии.*

Программа индустриально-инновационного развития Республики предполагает выявление и всемерное использование резервов народного хозяйства, в первую очередь вторичных ресурсов. Основное отличие вторичных ресурсов состоит в том, что они, будучи отходом производства для одних предприятий, являются ценным сырьем для других. Как показывает опыт, отсутствие должного внимания вопросам использования вторичных ресурсов определяет необходимость значительных капитальных вложений и эксплуатационных издержек на их удаление и хранение. К тому же, это причина дополнительных, зачастую весьма значительных, потерь в народном хозяйстве, вызываемых воздействием их на окружающую среду.

Исключительное значение имеет проблема комплексного использования многотоннажных отвальных шламов (бокситового и нефелинового) глиноземного производства. Объем этого вида отходов в отвалах заводов по странам СНГ уже составляет более 900 млн. т и продолжает достаточно динамично увеличиваться. В среднем при производстве 1 тонны глинозема образуется 2...6 тонн шламовых отходов. В связи с имеющейся тенденцией к увеличению объемов производства глинозема в самой ближайшей перспективе потребуются дополнительно значительные площади под отвалы, что неизбежно приведет к сокращению площадей ценных пахотных и лесных угодий. На многих глиноземных заводах емкости шламохранилищ полностью использованы и возможности их расширения весьма проблематичны, так как окружающие территории, запроектированные под отвалы, в большинстве случаев застроены. Все труднее становится находить вблизи этих производств участки малоценных земель достаточной площади или естественные понижения местности для организации шламоотвалов. В результате удлиняются и усложняются трассы шла-

мопроводов, а следовательно растет и стоимость их эксплуатации и содержания. Следует отметить, что сейчас постепенно теряет значение понятие «малоценные земли», так как мелиоративные и другие работы нивелируют качество сельхозугодий, а овраги во все больших размерах используются для образования искусственных водоемов. Удлинение шламопроводов и рост удельных и абсолютных эксплуатационных расходов по гидрошламоудалению делают эти затраты весьма значительным элементом общих капитальных вложений и эксплуатационных расходов в производстве глинозема. Так, капитальные затраты в гидрошламоудаление составляют в среднем 15...19 % от их общего уровня, а эксплуатационные издержки - порядка 12...16 %.

Кроме того, следует учитывать: шламовые отходы содержат значительное количество остаточных водорастворимых щелочных соединений, которые, просачиваясь в почву и попадая вместе с грунтовыми водами в естественные водные источники, загрязняют их и наносят непоправимый урон фауне и флоре. Необходимо также иметь в виду, что шламовые отходы некоторых глиноземных производств находятся в тонкодисперсном состоянии (размер частиц 10...25 мкм, т.е. примерно в 3...6 раз мельче зерен цемента) и являются источником загрязнения окружающей среды пылевидными частицами, эффективных способов борьбы с которыми до сих пор не придумано. Актуальность проблемы утилизации шламов глиноземного производства диктуется необходимостью хотя бы частичного решения экологических вопросов в местах их скопления.

В то же время, значительные объемы шламохранилищ предполагают возможность организации крупных предприятий по комплексной их переработке, экономическая эффективность которой должна определяться с учетом снижения стоимости основных видов продукции (глинозема) за счет сокращения затрат на транспортирование отходов, организацию и содержание отвалов, а также с учетом реализации дополнительной продукции. Интересы народного хозяйства требуют полного и комплексного использования многотоннажных остатков как действующих глиноземных производств, так и строящихся.

Известные ныне способы производства глинозема можно разделить на три группы: электротермические, кислотные и щелочные. Наиболее широко применяются щелочные способы производства, заключающиеся в обработке руды растворами щелочей для превращения глинозема в растворимый алюминат натрия. Фильтрованием последний отделяется от



остатка, носящего название «шлам». Из раствора алюмината осаждают и отфильтровывают гидрат окиси алюминия. Полученный гидрат окиси алюминия прокаливается с целью превращения его в окись, пригодную для производства металлического алюминия.

Превратить же содержащийся в сырье глинозем в алюминат натрия при щелочном производстве можно разными способами. Наибольшее распространение в мире получил гидрохимический способ «Байера», предполагающий первоначальную обработку боксита непосредственно раствором едкой щелочи (так называемый «мокрый» способ). По «сухому» способу производства руду с солями щелочных и щелочноземельных металлов спекают во вращающихся печах при температуре 1300...1350 °С, затем из полученного спека выщелачивают алюминат, который в дальнейшем подвергают разложению (способ «Яковина-Мюллера») или плавят в электропечах. «Сухой» способ («спекания») обладает большей универсальностью и позволяет получить глинозем из самого различного сырья, в том числе высококремнистого.

Генеральным направлением комплексной утилизации шламовых отходов глиноземного производства является строительство. Как известно, новая система планирования и экономического стимулирования в капитальном строительстве требует создания значительных резервов строительных материалов. Широкое вовлечение в хозяйственный оборот шламовых отходов глиноземного производства позволит в известной степени решить эту задачу, что в свою очередь, даст возможность обеспечить стройки дешевыми стройматериалами из местного сырья в соответствии с их потребностями.

Бокситовые шламы, полученные при переработке бокситов методом «спекания» всегда рассматривались как материалы с высокой гидравлической активностью. Однако использование их в производстве цемента по разным причинам оказалось недостаточно эффективным. Грандиозные масштабы строительства в Республике обуславливают резкий и устойчивый рост потребности в цементе, что заставляет задуматься о разработке различных режимов его экономии.

Экономия цемента предполагает уменьшение требуемого его расхода в составе растворов и бетонов, основным условием которой является применение цементов с активностью, технически и расчётно соответствующей с заданной прочностью бетонов и другими их качествами. Однако зачастую расходы цемента таковы, что не позволяют наиболее рациональ-

но использовать его потенциальную активность. Так, при монолитном бетонировании используются смеси повышенной подвижности (достигаемой за счет увеличенного содержания воды, а следовательно, цемента) с использованием цементов активностью в 2...3 раза превышающей класс бетона. Ввиду фактического отсутствия заводских цементов активностью менее 200...250 кг/см<sup>2</sup> допускается еще большее превышение марки цемента над классом бетона.

Таким образом, при изготовлении бетонов повышенных классов отсутствие цементов, активностью в три раза превышающей класс бетона, вынуждает применять совершенную технологию приготовления и укладки бетонных смесей, а при изготовлении изделий из бетонов классов по прочности на сжатие В3,5-В7,5 на цементах активностью 30...40 МПа и выше это не обязательно, поскольку предельный расход цемента 220...200 кг/м<sup>3</sup> смеси, назначаемый исходя из требований обеспечения необходимой связности бетонной смеси и плотности бетона, обеспечивает получение марки с большим запасом. Еще более нерациональным является применение высокоактивных цементов в кладочных растворах марок 5...2,5 и ниже.

Молотые отвальные шламы глиноземного производства в полной мере обладают свойствами такой универсальной добавки и являются наиболее технико-экономически эффективными, что подтверждается результатами многочисленных исследований как в нашей стране, так и за рубежом. Особое место в плане возможной утилизации их в качестве молотой гидравлической добавки или заполнителя в строительных растворах и бетонах занимают бокситовые шламы, полученные от переработки бокситов в глинозем методом «спекания».

На базе «спекательных» бокситовых шламов могут быть получены бесклинкерные (или с минимальным содержанием клинкера) гидравлические вяжущие самой широкой номенклатуры (глиношламовый порошок, белитовый цемент, гипсошлакобелитовые вяжущие, известково-шламовые низкомарочные цементы, смешанные гидравлические гипсы, песчано-шламовые смеси для плотных силикатных бетонов и автоклавных ячеистых бетонов, местные шламокарбонатные портландцементы и др.), возможность организации производства которых в настоящее время, к сожалению, даже не обсуждается.

В связи с этим интересно сопоставить картину структуры рынка цементов (по маркам), выпускаемых отечественной промышленностью, с данными по структуре рынка бетонов и растворов, применяемых для про-

мышленного и гражданского строительства. Так, например, потребность на стройках Республики в вяжущих по маркам (в %) и данные по объемам производства в цементной промышленности за 1990...2002 гг. представляются в следующем виде:

Марка цемента	200	250	300	400	500	600
Уровень потребления	14	18	29	30	8	1
Объемы производства	-	-	18	67	13	2

Поступление на стройки цементов марок 200 и 250 фактически прекратились еще с начала 60-х годов, и основные акценты в объемах производства сместились в область марок 300...500. Указанное обстоятельство весьма отрицательно сказалось на технически рациональном соотношении между средними классами бетонов, применяемых стройками, и средними марками получаемых ими цементов.

С учетом специфики строительных работ по отдельным министерствам ориентировочно общая картина распределения цементов в производстве растворов и бетонов представляется следующим образом:

	бетоны	растворы	шлакобетоны	прочие
тыс т.	71,0	23,8	7,7	6,5
%	65	22	7	6

Приняв структуру распределения бетонов и растворов по классам по прочности на сжатие в следующем соотношении (в %):

Класс бетона			Марка раствора		
B3,5-B5	B7,5-B10	B15 и выше	B1	B2,5	B3,5 и выше
9	67	24	50	40	10

а также допустимое отношение  $R_u/R_b = 3$  и минимальный допустимый расход цемента на  $1\text{ м}^3$  бетона –  $200\text{ кг/м}^3$ , получим следующую картину несоответствия между технически рациональной потребностью строительства в цементах той или иной активности и фактическим его наличием (табл.).

По самым приближенным расчетам дефицит вяжущих низких марок 200...300 в строительстве на сегодняшний день составляет порядка 4850 т, который с большим успехом можно восполнить за счет организации массового производства белитовых цементов на основе бокситовых шламов. В то же время открывается реальная перспектива высвобождения 15300 т высокомарочных портландцементов марок 400...600.

Потребность строительства в цементах и его наличие

Класс бетона или марка раствора	%	Технически обособленная марка цемента	Количество бетона, тыс. м <sup>3</sup>	Потребность в цементе при расходе 200 кг/м <sup>3</sup> , тыс. т	Поступает цемента, тыс. т	Баланс, тыс. т
B3,5-B5	9	200	2,8	0,7	–	–0,7*
B7,5	23	250	6,9	1,7	0,5	–1,2
B10	44	300	13,2	3,3	1,7	–1,6
B12,5	9	400	2,8	0,7	8,0	+7,3*
B15	11	500	3,3	0,8	3,5	+2,7
B20	4	600	1,3	0,4	0,1	–0,3
B1	50	250	5,1	1,0	–	–1,0
B2,5	40	300	3,9	0,8	0,45	–0,35
B3,5	10	400	1,1	0,2	5,5	+5,3

*Примечание:* Знак минус обозначает недостаток, знак плюс – высвобождение.

Необходимо отметить, что затраты на производство белитовых цементов широкой номенклатуры, предполагающего в основном только сушку и помол шламов до необходимой дисперсности многократно ниже, чем на строительство цементных заводов аналогичной производительности.

Одной из актуальных проблем современного строительства является всемерное повышение уровня тепловой защиты зданий и снижение затрат на отопление. В развитых странах Европы и Америки имеются прецеденты сокращения мощностей по обогреву жилья до 3 кВт·ч/м<sup>2</sup>, что адекватно сжиганию приблизительно 3 кг условного топлива. В нашей стране, как впрочем и других странах СНГ со сходными климатическими условиями, этот показатель составляет более 90 кг (на 1 м<sup>2</sup> жилой площади).

Для улучшения существующего положения необходимо снижать теплопроводность стенового ограждения за счет:

- устройства многослойной стены с теплоизоляционной вставкой (что является затеей весьма нетехнологичной и дорогостоящей)
- устройства однослойной конструкции из легкого бетона с использованием эффективного пористого заполнителя.

Объемная масса большинства природных и искусственных пористых заполнителей для легких бетонов превышает  $200 \text{ кг/м}^3$ , а коэффициент теплопроводности колеблется от 0,08 до 0,19 ккал/м·ч·град.

В нашей стране наиболее распространенным по объемам производства искусственным пористым заполнителем для легких бетонов является керамзит, насыпная плотность которого в среднем  $580 \dots 650 \text{ кг/м}^3$ , что позволяет получать бетон на его основе плотностью не менее  $1200 \dots 1250 \text{ кг/м}^3$ . Для обеспечения уровня нормированных теплопотерь толщина наружной стены из такого керамзитобетона должна быть не менее 50 см. Из экономических соображений, а также из-за применения заниженных нормативов теплозащиты наружных стен, принятых еще в советское время, толщина стандартных керамзитобетонных стеновых панелей составляет 35 см., что обуславливает высокий уровень теплопотерь и указанных выше затрат на обогрев зданий и сооружений.

На базе отвалных шламов производства глинозема можно получить искусственный пористый заполнитель для легких бетонов или производства эффективных тепло- и звукоизоляционных материалов, обладающий объемной массой в пределах  $80 \dots 300 \text{ кг/м}^3$ , имеющий форму зерен близкую к сферической (с минимальной площадью поверхности), характеризующийся высокой адгезией к минеральным и органическим связующим, термостойкий и негорючий.

На фоне огромного дефицита собственных пористых заполнителей и экономической невозможности их импорта из стран даже ближнего зарубежья организацию промышленного производства такого материала можно расценивать как один из стратегических шагов по реализации государственной программы импортозамещения.

На базе этого заполнителя предполагается получение тепло- и конструкционно-теплоизоляционных материалов плотностью от 100 до  $600 \text{ кг/м}^3$ , теплопроводностью 0,07...0,08 ккал/м·ч·град, что позволит уменьшить толщину наружных стен при обеспечении нормативного уровня сопротивления теплопередачи до 12...18 см, существенно снизить массу стеновых изделий и конструкций, а следовательно, нагрузку на фундаменты, сократить трудоемкость работ при производстве монтажных и отделочных работ, общие энерго- и капиталоемкость строительства.

Экономический эффект для народного хозяйства Республики от внедрения стенового материала нового вида, учитывая намечающиеся огромные объемы капитального строительства и перспективу возможно-

сти резкого сокращения затрат на отопление зданий и экономии дефицитного топлива, можно оценивать как весьма значительный.

Преимуществом предлагаемой технологии можно считать существенное снижение энергоемкости производства, обусловленное относительно низкой температурой вспучивания бисера, а также возможность организации выпуска продукции по двухстадийной схеме, согласно которой на первой стадии производится изготовление гранулята заданной фракции, а на второй – его вспучивание (по аналогии с производством пенополистирола). В составе сырьевой шихты предполагается использование широкой номенклатуры других промышленных отходов промышленности, что позволит резко снизить себестоимость продукта, существенно расширить сырьевую базу производства, решать экологические вопросы регионов. Бесспорным достоинством технологии является возможность организации производства на существующих линиях без существенной реконструкции и переделки технологического оборудования. Практически все производственное оборудование может быть изготовлено на местных машиностроительных предприятиях. Технология полностью исключает необходимость использования дефицитных или дорогостоящих узлов или агрегатов.

Вместе с тем, как представляется, довольно перспективным может оказаться использование бокситовых шламов в дорожном строительстве, для устройства оснований и нижних конструктивных слоев дорожных одежд.

Обнадеживающие результаты по применению в полах промышленных зданий бетона с использованием бокситовых шламов в качестве гидравлически активного компонента получены в работах Уральского филиала ВАМИ. В данном случае введение молотого шлама в бетонную смесь дает эффект не только снижения требуемого расхода цемента, но и повышения стойкости при действии концентрированных щелочных сред.

Главной отличительной особенностью бокситовых шламов, образующихся при переработке бокситов способом «Байера», является высокое содержание соединений железа в их составе и высокая дисперсность (фракций размером до 5 мкм – 55...75 %). Эти обстоятельства в основном и определили основные направления их возможной утилизации. Их можно применять при окисковывании железных руд и концентратов [6], для очистки промышленных и сточных вод [4, 12], в качестве плавней или железисто-алюминатной корректирующей добавки к сырьевым смесям портландцементного клинкера [2], как добавку к керамическим массам при изготовлении строительного кирпича [1], в производстве искусственных по-

ристых заполнителей [9], труб [4], черепицы [5], как тонкодисперсный наполнитель в композиционных материалах [10] по данным [11] шлам может использоваться для производства огнеупоров, цветных глазурей, легких фасонных изделий, красок. Их можно применять для десульфуризации газов [8], как катализатор при гидрогенезации углей [7], в качестве микронаполнителя для асфальтобетонных смесей.[3].

#### **Выводы:**

1. Отвальные шламы глиноземного производства относятся к группе наиболее многотоннажных (после отходов угледобычи и горнообогатительных производств) отходов промышленности, характеризующихся комплексом ценных свойств, их высокой однородностью и стабильностью. Любые задержки с утилизацией этих отходов означают необходимость в нарастающих капитальных и эксплуатационных затратах на их удаление, хранение, а также предотвращение вредных от них последствий для различных отраслей народного хозяйства и окружающей среды.
2. Одним из стратегических направлений утилизации отвальных шламов глиноземного производства можно считать разработку и промышленное внедрение бесклинкерных (или с минимальным содержанием клинкера) гидравлических вяжущих самой широкой номенклатуры (глиношламовый порошок, белитовый цемент, гипсошлакобелитовые вяжущие, известково-шламовые низкомарочные цементы, смешанные гидравлические гипсы, песчано-шламовые смеси для плотных силикатных бетонов и автоклавных ячеистых бетонов, местные шламокарбонатные портландцементы и др.), реализация которого позволит уже сегодня высвободить для нужд строительства более 15000 т высокомарочных цементов и будет способствовать существенному повышению эффективности капитальных вложений.
3. На базе отвальных бокситовых шламов технически и технологически возможна и экономически целесообразна организация широкомаштабного производства особолегкого искусственного пористого заполнителя для легких бетонов и получения других высокоэффективных тепло- и звукоизоляционных материалов, особенно на фоне намечающихся огромных объемов капитального строительства и перспективы возможности резкого сокращения затрат на отопление зданий и экономии дефицитного топлива, которая может расцениваться как воплощение одной из приоритетных задач Программы индустриально-инновационного развития Республики.

4. Интересы народного хозяйства требуют полного и комплексного использования многотоннажных остатков как действующих глиноземных производств, так и строящихся. Решение этой задачи предполагает определение всех направлений эффективной утилизации шламовых отходов, проведения комплекса научных исследований и проектно-конструкторских работ по всестороннему вовлечению в производство отвальных бокситовых и нефелиновых шламов и выявлению возникающих при этом прямых и обратных технико-экономических связей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изготовление искусственного легкого заполнителя из красного шлама / Патент Японии №51-5850, Кл. 22 Е II (С О4 В 31/02).
2. Корнев В.Ч., Сусс А.Г. Переработка красных шламов в цементной промышленности // Цемент. – 1983. – №8. – С. 13-14.
3. Куринов Б.С. Применение кварцевого песка в качестве минерального порошка // Автомобильные дороги. – 1979. – №5. – С. 17-18.
4. Патент 1469953, Франция, 1961.
5. Патент 3280672. Япония, 1961
6. Патент 4589274. Япония, 1972.
7. Патент 536710. Япония, 1983.
8. Чистяков Б.З. Использование отходов промышленности в строительстве. – Л.: Лениздат, 1977. – 143 с.
9. Чистяков Б.З. Особенности и преимущества использования нефелинового цемента в строительстве // Цемент. – 1978. – №5. – С. 10-12
10. Чистякова А.А., Коучене М.В. Свойства нефелиновых шламов, полученных при переработке различного исходного сырья // Цемент. – 1976. – №10. – С. 20-21.
11. Шморгуниенко Н.С., Корнеев В.И. Комплексная переработка и использование отвальных шламов глиноземного производства. – М.: Металлургия, 1982.
12. Экологическая технология. Переработка промышленных отходов в строительные материалы: Сб. науч. тр. Свердловского политехнического ин-та. – Свердловск, 1984. – 74 с.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

#### **ГЛИНОЗЕМ ӨНДІРІСІНІҢ КӨПТОННАЛЫ ҚАЛДЫҚ ШЛАМДАРЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАСЫНЫҢ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

Техн. ғылым. канд. Ш.К. Торпищев  
Техн. ғылым. канд. М.А. Шинтеміров

*Осы жұмыста глинозем өндірісінің қалдық шламдарының  
экологиясымен экономикасының, және оларды құрылыс*



*индустриясында тиімді пайдаланудың келешегінің кенбір мәселелері қарастырылған.*

УДК 504.53.062.4

**ТЕХНОГЕНЕЗ И ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ОЧИСТКИ  
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА**

Доктор биол. наук К.Ш. Фаизов

Канд. хим. наук А.С. Топалова

*Рассмотрены современные проблемы техногенеза на нефтегазовых промыслах Западного Казахстана и вопросы очистки загрязненных почв.*

Почвенный покров Западного Казахстана, общей площадью 4 млн. га, является в настоящее время одним из наиболее сильно деградированных и загрязненных в Республике Казахстан. В регионе действует свыше 100 нефтегазовых предприятий, интенсивно эксплуатируются крупные месторождения (Карачаганак, Тенгиз, Озен-Жетыбай, Кенкияк-Жанажол и др.), работают перерабатывающие заводы (Атырауский, Тенгизский, Озенский, Жанажолский и др.), большое количество разнообразных транспортных средств. Годовая добыча нефти достигает 60 млн. т, газа – 20 млрд. м<sup>3</sup>, объем их с каждым годом нарастает.

*Нерациональное использование природно-сырьевых и водно-земельных ресурсов, наличие больших площадей испытательных ракетно-ядерных полигонов, а так же природно-солевых аккумуляций химических токсикантов (хлористый натрий, сода, бор, уран, кобальт и др.) обусловили широкое распространение процессов антропогенной деградации и загрязнения почвенного покрова, среди которых приоритетными стали нефтехимическое, радиоактивное, борное, сельскохозяйственное, с локальными участками сопутствующих загрязнителей: свинца, серы, сернистого ангидрида, никеля, ванадия и др. Реабилитация загрязненных территорий является важнейшей государственной задачей сегодняшнего дня.*

Нефтехимическое загрязнение широко отмечается на производственных площадях действующих нефтегазовых промыслов и трассах нефтепроводов. Основными источниками загрязнения при этом является: сырая нефть, газ, насыщенный сероводородом, минерализованные сточные промысловые воды. Загрязняющими токсичными химическими веществами нефти служат: оксиды углерода и азота, фенол, аммиак, свинец, различные минеральные соли и концерогенные полуциклические углево-

дороды. В сырой нефти присутствуют так же различные, в том числе токсичные, тяжелые металлы (свинец, цинк, кобальт, ванадий, никель и др.).

В загрязненных нефтью почвах нарушаются важнейшие генетические показатели: изменяется содержание и состав гумуса, количество азота, фосфора и поглотительная способность, увеличивается количество легкорастворимых солей до степени солончаковых почв и солончаков, возрастает объёмная масса, снижается порозность, аэрация и водопроницаемость, уменьшается доступная растениям влага, интенсивность инвертазной и дегидрогеназной активности микроорганизмов. В местах аварийного сжигания нефти и газа генетические горизонты почв обугливаются, почвенные частицы спекаются и становятся биологически безжизненными. В результате известной экологической катастрофы на Тенгизском месторождении в 1985 г. в течение 400 суток было сожжено в факеле 6 млн. тонн нефти, 3,3 млрд. м<sup>3</sup> газа, обезжизнены большие площади почвенно-растительного покрова. В 1987 г. на Карачаганакском месторождении при аварии была уничтожена пашня на плодородных темно-каштановых почвах на общей площади 500 га. В 1995 г. на промыслах Атырауской и Мангистауской областей в результате аварий было разлито около 180 тыс. тонн нефти и замазучено 800 га почвенного покрова. Нефти Тенгизского, Озен-Жетыбайского и Кенкияк-Жанажолского месторождений высоко парафинистые, сернистые, содержат большое количество асфальтенов, что при загрязнении почв формирует в профиле плотные воздухонепроницаемые битумные коры, мощностью до 20...50 см. В групповом составе природных битумов, как показывают исследования академика Н.К. Надирова, содержится 48,3 % углеводов, 32,6 % парафинонафтеновых веществ, 17,9 % смол, 33,8 % асфальтенов. Их элементный состав представляют: углерод – более 80 %, водород – 10 %, кислород, сера и азот 5 %. Показатель сцепления битумов достигает 80...90 %, что свидетельствует о высокой прочности связи органической и минеральной их составляющих. Пропитывая профиль почвы они становятся очень прочными, выламываются глыбами, характеризуются низкой пористостью, непроницаемыми для воды, воздуха и корней растений. Глубина нефтехимического загрязнения, по нашим наблюдениям, изменяется от 22 до 82 см и достигает на старейших промыслах (Доссор, Макат, Сагиз, Искине и др.) до 5...10 м. В результате загрязнения и деформации тяжелой промышленной техникой существенно изменяется морфологический профиль почв, генетические горизонты преобразуются, изменяются их химические, физико-химические и водно-физические свойства. Эколого-геохимические последствия загрязнения почв нефтью

находятся в прямой связи с их количественно-качественным составом и токсичностью компонентов, которые сильно отличаются в нефтях различных месторождений и усиливаются чрезмерной техногенной нагрузкой на промыслах.

На многих нефтедобывающих месторождениях Западного Казахстана экологическое состояние почвенного покрова осложняется засолением почв сточными промышленными водами, которые представляют собой сложные полиингредиентные загрязняющие вещества, обладающие высокой степенью токсичности и геохимической активности. Они не только загрязняют и засоляют почвы (сумма солей 100...300 г/дм<sup>3</sup> и более), но и способствуют развитию в подземных нефтяных пластах сульфатвосстанавливающих бактерий, что ведет к интенсивной коррозии технологического оборудования, разрыву труб, создающих аварийные ситуации. Только на промыслах производственного объединения «Жаикнефть» на поля испарения ежегодно сбрасывается до 8,5 млн. м<sup>3</sup> пластовых вод. На промыслах Доссор, Макат, Байшонас и др. они образовали водоёмы, площадью в несколько квадратных километров. При подсыхании продукты солепылевого выноса сточных вод отравляют почвы и окружающую среду, становятся опасными для жителей нефтепромыслов. В составе сточных вод присутствуют нефтепродукты, разнообразные соли (хлориды, сульфаты, сода) и механические примеси, которые поглощаясь почвой и поступая в подземные воды резко изменяют их химические и физико-химические свойства, солевой состав, щелочность, реакцию почвенных суспензий, почвенно-поглощающий комплекс; нарушают водно-воздушный режим и углеродно-азотный баланс, деформируют почвенную структуру. В составе сточных вод, кроме того, повсеместно отмечается достаточно высокое содержание брома, бария, йода, стронция и других элементов, количество которых возрастает по мере увеличения минерализации воды. В местах разлива сточных промышленных вод формируются своеобразные техногенные луговые солончаки и соланчаковые почвы с содержанием солей в профиле сульфатно-хлоридного кальциево-натриевого состава более 1...5 % по плотному остатку.

Загрязненные сырой нефтью и минерализованными сточными промышленными водами почвы на длительное время становятся аккумуляторами и хранилищами различных токсикантов, вызывающих в биоценозе болезни, часто необратимые с летальным исходом. Установлено, что плотность живого населения на загрязненных нефтью почвах в 10...12 раз ниже, чем на незагрязненных. Были отмечены массовая гибель перелет-

ных птиц на побережье Каспийского моря. В результате загрязнения моря нефтепродуктами в 2000 г. погибли более 11 тыс. особей реликтового каспийского тюленя. В растениях при этом происходит деструкция хлоропласта и распад пигментов, уменьшается общая зелёная масса.

Восстановление продуктивности почв, загрязненных сырой нефтью и минерализованными промышленными водами, потребует проведения сложных и дорогостоящих мелиораций. Реабилитация почв находится в прямой связи в зависимости от климата, механического состава почв, обеспеченности гумусом и элементами минерального питания, аэрации и увлажнения, стимулирующих жизнедеятельность углеродооксилирующих микроорганизмов. В засушливых условиях климата на большей части Западного Казахстана самоочищение нефтезагрязненных почв протекает медленно, что связано с их низким естественным плодородием и засолением.

Применение в настоящее время на промыслах «амбарного» метода аккумуляции и хранения разлитой нефти, а также механическое сгребание бульдозерами замазученной массы у скважин и хранение шлама на полигонах – мероприятие мало эффективное, ведет к полному уничтожению почвенного покрова и загрязнению окружающей среды.

Необходимо внедрение на предприятиях нефтедобычи более прогрессивных агрофитомелиоративных, микробиологических и других методов очистки почв на фоне полива, промывки и качественной агротехники, использования эффективных сорбентов и нейтрализаторов нефти. Мировой опыт свидетельствует о высокой эффективности микробиологической очистки нефтезагрязненных почв. Созданы новые биопрепараты, выделены штаммы микробных культур высокой метаболической активности, способные утилизировать нефтяные отходы. Исследованиями Института почвоведения получены штаммы микроорганизмов-деструкторов нефти, устойчивых к поглощению углеводов в условиях пустыни. Экспериментальные исследования института показали высокую жизненную силу и продуктивность на загрязненных, засоленных и техногенно разрушенных серо-бурых почвах территории Озен-Жетыбайского нефтегазового комплекса пустынных растений изеня, саксаула, терескена, жантака, полыни и др. Эти полукустарники, ксерофиты и галофиты засухо- и термоустойчивые, эффективно используют почвенную влагу в период вегетации, имеют низкую транспирационную способность в жару, используют при этом в 3,5 раза меньше продуктивной влаги, чем большинство культурных растений.

Таким образом, использование нефтеокисляющих бактериальных препаратов и нефтекоагулянтов, а также обработку почвы, полив и удобрения, на фоне фитомелиорантов, адаптированных к условиям среды видами растений можно успешно осуществлять трансформацию углеводов в почве, очистить и восстановить продуктивность загрязненных почв нефтепромыслов. Кроме того нефтяные отходы (нефешламы, замазученный почво-грунт, амбарные и полигонные нефтяные отходы) представляют ценный продукт для получения асфальтобетонных смесей, необходимых в дорожном строительстве. Разработаны и испытаны в производственных условиях способы утилизации нефтяных отходов для получения высококачественного асфальта-бетона. Перспективным приёмом мелиорации нефтезагрязненных почв могут служить природные угли, богатые гуминовыми кислотами.

Институт почвоведения

Кызылординский государственный университет им. Коркыт-Ата

**БАТЫС САЗАСТАНДАҒЫ МҰНАЙМЕН ЛАСТАНҒАН  
ТОПЫРАСТЫ ТАЗАРТУ Ж...НЕ ЛАСТАНУ М...СЕЛЕРЛЕРІ  
Ж...НЕ ТЕХНОГЕНЕЗ**

Биол. Ұлымд. докторы

К.Ш. Фаизов

Хим. Ұымд. канд.

А.С. Топалова

*Батыс СазастандаҒы мғнайгазды к., сипиіліктегі техногенезді Ұ жазіргі м., селерлері ж., не топырајты Ұ ластануын тазарту срајтары жарастырылған.*

УДК 628.335:628.337

**ЭЛЕКТРОРЕАГЕНТНАЯ КОАГУЛЯЦИЯ ШЕРСТОМОЙНЫХ  
СТОЧНЫХ ВОД**

Е.Б. Жумартов

А.К. Аль-Шибли

На фабриках первичной обработки шерсти (ПОШ) используются две технологии промывки шерсти: нетоксичные реагенты – текстильное мыло, кальцинированную соду и синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), в частности сульфанаты или сульфонал НП – 3. Это обусловило образование двух видов сточных вод, мыльно-содовых и сточных вод, содержащих СПАВ, которые резко отличаются по составу. Общими показателями для этих вод, является присутствие шерстного жира (до 20 %), шерстного пота (10 %), механических примесей (17 %), моющих средств (например, концентрация сульфонала – 350 мг/дм<sup>3</sup>, мыла – 1200 мг/дм<sup>3</sup>).

Это обстоятельство определяет необходимость вводить соответствующие изменения в методы очистки сточных вод. Так, по технологической схеме, физико-химической очистки сточных вод фабрики ПОШ в с. Текес Алматинской области реагентная коагуляция совместно с гипохлоритом Na показала хорошие результаты для сточных шерстомойных вод, содержащих сульфонал НП – 3. При этом снижение основных показателей загрязнении составили: взвешенных веществ – 87%, биохимическая потребность в кислороде (БПК<sub>5</sub>) – 92 %, жиров – 42 %, СПАВ – 65%.

С 2003 года фабрика перешла на другую технологию промывки шерсти – с использованием текстильного мыла. Тем самым несколько снизилось качество промытой шерсти, которое составило в среднем 33 %, и подверглись изменению состав сточных вод, повысились концентрации жирных и аминокислот, гумусовых веществ, появились трудноокисляемые вещества, которые вызвали высокое содержание взвешенных веществ (до 1600 мг/дм<sup>3</sup>) и ХПК (до 1200 мг/дм<sup>3</sup>).

Для мыльно-содовых сточных вод в технологическом процессе очистки сточных вод реагентная коагуляция с Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> и гипохлоритом Na оказалась малоэффективной. При этом концентрация основных загрязнений снижалась: взвешенные вещества – на 40 %, БПК<sub>5</sub> – на 52 %, химическая потребность в кислороде (ХПК) – 48 %.

Нами был предложен электрореагентный метод коагуляции шерстомойных сточных вод. Под электрореагентной коагуляцией (ЭРК) понимаются процессы, которые протекают в воде при одновременном воздействии электрического поля и добавлении сниженных доз, по сравнению с расчетными, химических коагулянтов. ЭРК с применением алюминиевых электродов осуществляется с использованием реагента  $Al_2(SO_4)_3$  и электрического поля.

Благодаря высокой сорбционной способности гидроокиси алюминия, полученной электрохимическим способом и воздействия её в сочетании с химическими реагентами на органические частицы, можно увеличить эффективность отстаивания шерстомойных сточных вод при одновременном снижении доз реагентов на 40...60 % и затрат электроэнергии по сравнению со способами коагуляции, проведенными отдельно, т.е. электрохимической или реагентной. Эти обстоятельства привели к необходимости проведения экспериментов по ЭРК с растворимыми алюминиевыми электродами.

Процесс ЭРК с алюминиевыми электродами протекает по довольно сложному механизму. Особенностью его является то, что наряду с химическими реагентами и одновременном действии электрического поля, процесс коагуляции сопровождают и электрохимическое растворение материала электродов. В экспериментах по ЭРК нами использовались электродные пары Al-Al. Перед электрокоагуляцией вводили химический коагулянт – 1 %-ый раствор  $Al_2(SO_4)_3$ .

Обработке подвергалась сточная вода фабрики ПОШ, характеризующая высокой ХПК (до 1200 мг/дм<sup>3</sup>), щелочностью (до 3,0...4,5 мг-экв/дм<sup>3</sup>), содержанием взвешенных веществ (до 1600 мг/дм<sup>3</sup>), удельной электропроводностью ( $22...25 \cdot 10^{-5} \text{ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ). Оптимальная доза химического реагента составила 70 мг/дм<sup>3</sup>  $Al_2(SO_4)_3$ .

Основными технологическими факторами при ЭРК с электродными парами Al-Al являлась: удельное количество электричества ( $q$ ), плотность тока ( $i$ ), доза химического ( $D_K$ ) и электрохимически полученного коагулянта ( $D_Э$ ).

Результаты экспериментов представлены в табл.

Сопоставление опытных данных свидетельствуют о том, что значительное влияние на эффект отстаивания воды оказывают  $D_K$  и  $q$ . При  $D_K$  равной 0,25  $D_P$  (расчетная доза химического реагента) в рассматриваемом интервале плотностей тока (от 2,5 до 10 А/м<sup>2</sup>) и  $q$  от 10 до 40 Кл/дм<sup>3</sup> не удавалась достичь удовлетворительных показателей.



Результаты электрореагентной коагуляции с алюминиевыми электродами

$q$ , Кл/дм <sup>3</sup>			$i$ , А/м <sup>2</sup>			Доза $Al_2(SO_4)_3$ Дк	Концентрация взвешенных веществ, мг/дм <sup>3</sup>						
							Исходная вода	Обработанная вода					
								1 серия		2 серия			
10	20	40	2,5	5	10	0,25Др	400	129	127	125	128	126	125
10	20	40	2,5	5	10	0,25Др	800	135	130	127	133	132	126
10	20	40	2,5	5	10	0,25Др	1200	138	131	130	136	130	132
10	20	40	2,5	5	10	0,25Др	1600	142	129	128	139	133	120
10	20	40	2,5	5	10	0,25Др	400	127	75	20	125	60	30
10	20	40	2,5	5	10	0,25Др	800	132	85	30	129	75	20
10	20	40	2,5	5	10	0,25Др	1200	125	65	40	126	50	40
10	20	40	2,5	5	10	0,25Др	1600	130	55	20	128	80	20

Примечание: При воздействии  $q = 100$  Кл/дм<sup>3</sup> в воду переходит теоретически  $8,9$  мг/дм<sup>3</sup>  $Al^{3+}$ .



То же самое наблюдалось и при дозе  $0,5 D_p$ ,  $q = 10$  Кл/дм<sup>3</sup> и  $i = 2,5$  А/м<sup>2</sup>. Воздействие 20 Кл/дм<sup>3</sup> при дозе  $0,5 D_p$  и плотности тока 5 А/м<sup>2</sup> проводило к значительной интенсификации процесса очистки воды, при этом образовывались крупные хлопья и их оседание заканчивалось при отстаивании на 20 минуте. При плотности тока 10 А/м<sup>2</sup> процесс ЭРК заканчивался раньше, чем при  $i = 5$  А/м<sup>2</sup> при том же  $q$  и эффект отстаивания воды был выше.

В ходе экспериментов был определен анодный выход алюминия по току в интервале плотности тока от 2,5 до 50 А/м<sup>2</sup> и вводе химического реагента  $Al_2(SO_4)_3$  дозой  $0,25 D_p$  и  $0,5 D_p$ . Выход по току в большей степени зависел от содержания анионов в воде. При введении реагента дозой  $0,25 D_p$  выход по току составил 124 %, а при  $0,5 D_p$  – 64 %. Результаты экспериментов позволили сделать следующие обобщения: для обработки шерстомойной воды ЭРК с применением электродных пар Al-Al установлены оптимальные параметры:  $q = 20$  Кл/дм<sup>3</sup>,  $D_K = 0,5 D_p$  и  $i = 5$  А/м<sup>2</sup>. Анодный выход Al при этом составил 88...90 %. Затраты электроэнергии – 18...25 Вт-ч/м<sup>3</sup>.

Казахский Национальный технический университет им. Сатпаева

#### **ЖҰНЖУЫЛҒАН ЛАС СУДЫ ЭЛЕКТРОРЕАГЕНТТІК КОАГУЛЯЦИЯЛАУ**

Е.Б. Жәмартов

А.К. Аль-Шибли

*Жұнжуылған лас суды электрореагенттік коагуляциялаудық эксперименттерінтқ нәтижелері келтірілген. Технологиялық көрсеткіштері анықталған.*

УДК 551.510.42

**О СОСТОЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В 4 КВАРТАЛЕ 2004 ГОДА**

Канд. геол.-мин. наук

Е.Ж. Муртазин

Н.У. Бултеков

*Информация о состоянии загрязнения окружающей среды подготовлена по результатам работ, выполняемых специализированными подразделениями РГП «Казгидромет» по проведению экологического мониторинга за состоянием окружающей среды на наблюдательной сети национальной гидрометеорологической службы.*

**1 Состояние загрязнения воздушного бассейна**

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха выполняются в наиболее крупных городах и промышленных центрах республики. Перечень подлежащих контролю загрязняющих веществ установлен с учетом объема и состава выбросов в атмосферу и результатов предварительного обследования загрязнения воздушного бассейна в конкретном населенном пункте.

Состояние загрязнения воздуха оценивается по результатам анализа и обработки проб воздуха, отобранных на стационарных постах наблюдений. Основными критериями качества являются значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе населенных мест [1, 2]. Уровень загрязнения атмосферы оценивается по величине комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), который рассчитывается по пяти веществам с наибольшими нормированными на ПДК значениями с учетом их класса опасности [3].

В 4 квартале 2004 г. наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха проводились в 20 населенных пунктах республики: Актау, Актобе, Алмате, Астане, Атырау, Балхаше, Жезказгане, Костанаве, Караганде, Павлодаре, Петропавловске, Риддере, Семипалатинске, Таразе, Темиртау, Уральске, Усть-Каменогорске, Шымкенте, Экибастузе и пос. Глубокое (Восточно-Казахстанская область).

В течение квартала зарегистрировано 8 случаев высокого загрязнения атмосферного воздуха – максимальная концентрация диоксида серы в г. Балхаше превышала ПДК в 10...16 раз (Табл. 1.1).

Наибольший уровень загрязнения атмосферного воздуха отмечался в г. Алматы (ИЗА<sub>5</sub> = 18,7), г. Караганде (ИЗА<sub>5</sub> = 14,0) и г. Шымкенте (ИЗА<sub>5</sub> = 13,6) (Табл. 1.2).

Таблица 1.1

Сведения о случаях высокого загрязнения атмосферного воздуха

Город	Примесь	Число, месяц	Время	№ПНЗ	Концентрация	
					мг/м <sup>3</sup>	кратность превышения ПДК
Балхаш	Диоксид серы	8 октября	13 час	№3	5,640	11,3
		13 октября	13 час	№3	5,140	10,3
		13 октября	13 час	№4	5,620	11,2
		15 октября	13 час	№3	5,050	10,1
		10 ноября	13 час	№3	6,730	13,5
		10 ноября	13 час	№4	8,320	16,6
		16 ноября	13 час	№3	5,150	10,3
		16 ноября	13 час	№4	6,440	12,9

Таблица 1.2

Загрязнение воздушного бассейна городов Казахстана в 4 квартале

Пункт	ИЗА <sub>5</sub>	Примесь	Средняя концентрация		Максимальная концентрация		Р, % выше ПДК
			мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	
Актау	3,8	<i>Пыль</i>	0,2	1,3	1,1	2,2	5
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,04	1,0	0,11	1,3	6
Актобе	9,5	<i>NO<sub>2</sub></i>	0,05	1,1	0,12	1,4	2
		<i>Формальдегид</i>	0,013	4,4	0,021		
Алматы	18,7	<i>Пыль</i>	0,2	1,3	0,8	1,6	4
		<i>CO</i>	2		12	2,4	4
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,09	2,2	0,28	3,3	37
		<i>Формальдегид</i>	0,022	7,3	0,062	1,8	14
Астана	3,0	<i>Пыль</i>	0,2	1,3	2,1	4,2	6
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,03		0,19	2,2	5
		<i>CO</i>	1		9	1,8	1
		<i>NF</i>	0,003		0,041	2,1	1
Атырау	2,2	<i>Пыль</i>	0,2	1,3	0,8	1,6	6
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,03		0,09	1,1	3
Балхаш	4,6	<i>Пыль</i>	0,1		0,6	1,2	0,1
		<i>SO<sub>2</sub></i>	0,164	3,3	8,320	16,6	6
пос. Глубокое	4,1	<i>Пыль</i>	0,1		0,9	1,8	0,4
		<i>SO<sub>2</sub></i>	0,064	1,3	0,485	1,0	0
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,04	1,0	0,2	2,4	13
		<i>Фенол</i>	0,002		0,023	2,3	0,4

Пункт	ИЗА <sub>5</sub>	Примесь	Средняя концентрация		Максимальная концентрация		Р, % выше ПДК
			мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	
Жезказган	5,0	Пыль	0,3	2,0	0,9	1,8	9
		Фенол	0,005	1,7	0,016	1,6	16
Караганда	14,0	Пыль	0,2	1,3	1,7	3,4	4
		СО	2		10	2,0	0,5
		NO <sub>2</sub>	0,06	1,5	0,33	3,9	23
		Фенол	0,007	2,3	0,024	2,4	2
		Формальдегид	0,014	4,5	0,026		
Костанай	3,5	СО	2		12	2,4	2
		NO <sub>2</sub>	0,06	1,5	0,20	2,4	11
Павлодар	1,1	СО	1		18	3,6	1
		H <sub>2</sub> S	0,001		0,012	1,5	0,2
		HCl	0,03		0,46	2,3	0,9
Петропавловск	4,4	Формальдегид	0,005	1,7	0,011		
Риддер	7,6	SO <sub>2</sub>	0,088	1,8	0,152		
		NO <sub>2</sub>	0,07	1,8	0,15	1,8	25
		Фенол	0,006	2,0	0,015	1,5	0,9
Семипалатинск	3,5	СО	3	1,0	10	2,0	11
		NO <sub>2</sub>	0,05	1,3	0,21	2,5	16
		Фенол	0,002		0,016	1,6	1
Тараз	7,7	СО	3	1,0	24	4,8	6
		NO <sub>2</sub>	0,06	1,5	0,20	2,4	13
		Формальдегид	0,008	2,6	0,040	1,1	0,3
Темиртау	7,7	Пыль	0,2	1,3	1,2	2,4	6
		Фенол	0,009	3,0	0,042	4,2	33
		NH <sub>3</sub>	0,05	1,2	0,18		
		H <sub>2</sub> S	0,002		0,013	1,6	2
Уральск	0,4	NO <sub>2</sub>	0,02		0,06		
Усть-Каменогорск	6,7	Пыль	0,3	2,0	2,7	5,4	12
		SO <sub>2</sub>	0,086	1,7	2,1	4,2	1
		СО	2		15	3,0	3
		NO <sub>2</sub>	0,05	1,3	0,33	3,9	20
		Фенол	0,003	1,0	0,035	3,5	2
		Мышьяк	0,003	1,0	0,026		
Шымкент	13,6	Пыль	0,3	2,0	0,8	1,6	1
		СО	3	1,0	16	3,2	5
		NO <sub>2</sub>	0,05	1,3	0,25	2,9	8
		Формальдегид	0,015	5,0	0,035	1,0	1,0
Экибастуз	1,1	СО	1		6	1,2	0,4

Наибольшие средние концентрации взвешенных веществ (пыли) наблюдались в г. Усть-Каменогорске и г. Шымкенте – 2 ПДК, в г. Актау, г. Алматы, г. Атырау, г. Астане, г. Темиртау и г. Караганде составили 1,3 ПДК.

В г. Усть-Каменогорске наблюдалась максимальная из разовых концентраций пыли – 5 ПДК, в г. Астане – 4 ПДК, в г. Караганде – 3 ПДК, в г. Актау и г. Темиртау – 2 ПДК, в г. Алматы, г. Атырау, г. Жезказгане, г. Балхаше, г. Шымкенте и пос. Глубокое – 1 ПДК.

Средние за квартал концентрации **диоксида серы** в г. Балхаше превышали 3,3 ПДК, в г. Усть-Каменогорске, г. Риддере и пос. Глубокое – 1 ПДК. В г. Балхаше отмечена максимальная из разовых концентраций диоксида серы она превышала 16 ПДК, в г. Усть-Каменогорске – 4 ПДК, в пос. Глубокое – 1 ПДК.

Средний уровень загрязнения воздуха **оксидом углерода** в г. Семипалатинске, г. Таразе и г. Шымкенте достигал 1 ПДК. В г. Таразе зарегистрирована максимальная из разовых концентраций оксида углерода достигала 5 ПДК, в г. Павлодаре, г. Шымкенте и г. Усть-Каменогорске превышала 3 ПДК, в г. Семипалатинске, г. Костанаяе, г. Алматы и г. Караганде – 2 ПДК, в г. Астане и Экибастузе – 1 ПДК.

Средняя за квартал концентрация **диоксида азота** в г. Алматы равнялась 2,2 ПДК, в городах Актау, Шымкент, Актобе, Караганда, Костанай, Риддер, Семипалатинск, Усть-Каменогорск, Тараз и пос. Глубокое находилась в пределах 1...2 ПДК. Максимальная из разовых концентраций диоксида азота в г. Алматы, г. Караганда и г. Усть-Каменогорске составили 3...4 ПДК, в г. Астане, г. Костанаяе, г. Семипалатинске, г. Таразе, г. Шымкенте и пос. Глубокое – 2 ПДК, в г. Актау, г. Актобе, г. Атырау и г. Риддере – 1 ПДК.

Высокий уровень загрязнения воздуха **формальдегидом** (более 5 ПДК) наблюдался в г. Алматы. Средняя концентрация формальдегида в г. Актобе, г. Шымкенте и г. Караганде составили 4...5 ПДК, в г. Таразе – 2 ПДК, в г. Петропавловске – 1 ПДК. В г. Алматы, г. Шымкенте и г. Таразе зарегистрирована максимальная из разовых концентрации формальдегида – 1 ПДК.

Средние концентрации **фенола** в г. Темиртау составила 3 ПДК, в г. Караганде – 2,3 ПДК, в г. Жезказгане, г. Риддере и г. Усть-Каменогорске находилась в пределах 1...2 ПДК. В г. Темиртау зарегистрирована максимальная из разовых концентраций фенола более 4 ПДК, в г. Усть-Каменогорске – 3 ПДК, в г. Караганде и пос. Глубокое – 2 ПДК, в г. Жезказгане, г. Риддере и г. Семипалатинске – 1 ПДК.

В г. Темиртау среднемесячная концентрация **аммиака** превышала 1 ПДК, а в г. Усть-Каменогорске содержание **мышьяка** достигало 1 ПДК.

В г. Павлодаре зарегистрирована максимальная из разовых концентраций **хлористого водорода**, в г. Астане **фтористого водорода** превышали 2 ПДК, **сероводорода** в г. Темиртау и г. Павлодаре – 1 ПДК.

В сравнении с 3 кварталом 2004 г. в городах Актобе, Астана, Жезказган, Атырау, Караганда, Костанай, Павлодар, Петропавловск, Риддер, Семипалатинск, Тараз, Уральск, Усть-Каменогорск, Экибастуз и пос. Глубокое состояние загрязнения атмосферного воздуха существенно не изменилось. В городах Балхаш и Алматы отмечено увеличение уровня загрязнения воздуха, а в городах Актау, Шымкент и Темиртау – снижение (Табл. 1.3, рис. 1.1).

Таблица 1.3

Приоритетный список городов Казахстана по уровню загрязнения атмосферного воздуха

Город	ИЗА <sub>5</sub>			Отрасли промышленности, влияющие на состояние загрязнения воздуха
	4 кв. 2003г.	3 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.	
Алматы	12,4	13,7	18,7	автотранспорт, энергетика
Караганда	12,3	13,6	14,0	энергетика, угледобывающая, автотранспорт
Шымкент	14,6	15,1	13,6	цветная металлургия, химическая, нефтеперерабатывающая
Актобе	7,8	9,6	9,6	черная металлургия, химическая
Тараз	7,0	7,8	7,7	химическая
Темиртау	6,0	8,5	7,7	черная металлургия, энергетика
Риддер	7,8	7,2	7,6	цветная металлургия, энергетика
Усть-Каменогорск	7,4	6,9	6,7	цветная металлургия, энергетика
Жезказган	4,6	5,3	5,0	цветная металлургия, энергетика
Балхаш	3,1	3,3	4,6	цветная металлургия, энергетика
Петропавловск	5,0	4,8	4,4	энергетика
пос. Глубокое	5,1	3,5	4,1	цветная металлургия
Актау	2,3	4,9	3,8	химическая
Костанай	3,6	3,7	3,5	энергетика
Семипалатинск	2,5	4,1	3,5	энергетика, строительных материалов
Астана	3,8	3,3	3,0	автотранспорт, энергетика



Город	ИЗА <sub>5</sub>			Отрасли промышленности, влияющие на состояние загрязнения воздуха
	4 кв. 2003г.	3 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.	
Атырау	0,8	2,2	2,2	нефтеперерабатывающая
Павлодар	1,2	1,4	1,1	нефтеперерабатывающая, энергетика
Экибастуз	1,9	1,2	1,1	энергетика, угледобывающая
Уральск	0,5	0,7	0,4	энергетика
<b>Средний ИЗА</b>	<b>5,49</b>	<b>6,04</b>	<b>6,12</b>	

По сравнению с 4 кварталом 2003 в городах Жезказган, Костанай, Павлодар, Петропавловск, Риддер, Тараз, Усть-Каменогорск, Уральск уровень загрязнения атмосферного воздуха значительно не изменился, в городах Астана, Шымкент, Экибастуз и пос. Глубокое снизился, в городах Балхаш, Актау, Актобе, Алматы, Караганда, Атырау, Семипалатинск, Темиртау возрос (Табл. 1.3).

## 2 Качество поверхностных вод

Сеть наблюдений за качеством поверхностных вод суши включает действующие гидропосты национальной гидрометеорологической службы. Основными критериями качества вод по гидрохимическим показателям являются значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для водоемов рыбо-хозяйственного, хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования [4, 5].

Уровень загрязнения поверхностных вод суши оценивается по величине комплексного индекса загрязненности воды (ИЗВ), который используется для сравнения и выявления динамики изменения качества вод [6].

По результатам наблюдений, выполненных подразделениями Казгидромета в 4 квартале 2004 года, наиболее загрязненным является бассейн реки Иртыш (Табл. 2.1).

Максимально загрязнены поверхностные воды реки **Брекса, Глубочанка и Глубочанка** (ИЗВ – 13,06...23,50, 7 класс – «чрезвычайно грязные») при превышении ПДК по меди (до 281 ПДК), цинку (до 132 ПДК), нефтепродуктам (до 4,2 ПДК) и марганцу (до 21,2 ПДК).

Содержание загрязняющих веществ в реках **Тихая** и **Ульба** определялось по азоту нитритному (р. Тихая до 3,1 ПДК), меди (до 10,4 ПДК), цинку (17,6 ПДК), нефтепродуктам (до 3,7 ПДК) и марганцу (до 6,0 ПДК). Индекс загрязненности воды этих рек равен 5,67...5,99 (5 класс – «грязные»).

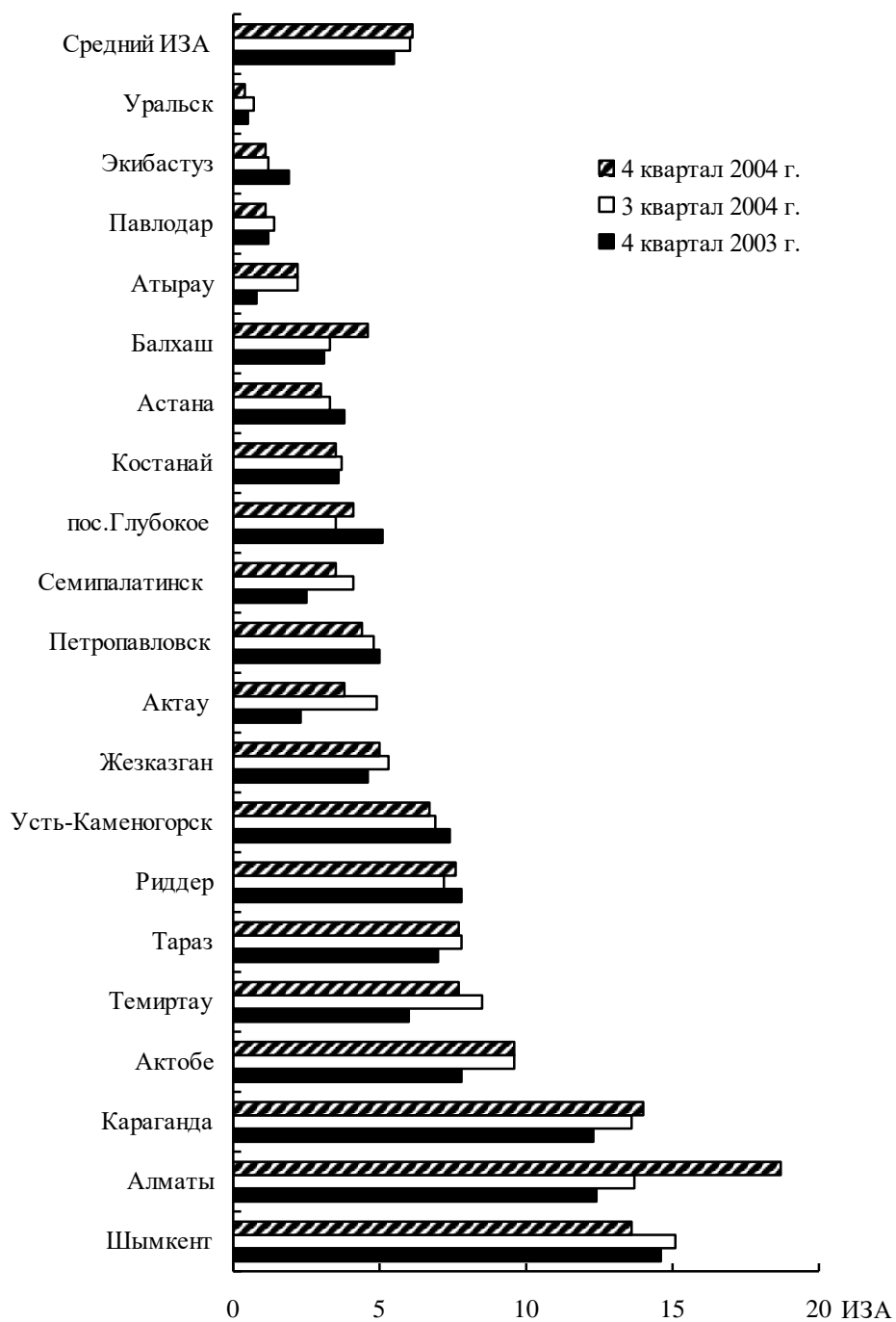


Рис. 1.1. Динамика индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) по городам Республики Казахстан.



Таблица 2.1

Состояние качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям в 4 квартале 2004 г.

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	4 кв. 2003 г.	3 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.				
р. Иртыш (Восточно-Казахстанская)	0,92	1,77	1,56	Медь	0,0016	1,6	3 класс, умеренно загрязненная
				Нефтепродукты	0,18	3,6	
р. Иртыш (Павлодарская)	0,98	1,33	1,49	Медь	0,002	2,0	3 класс, умеренно

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	4 кв. 2003 г.	3 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.				
р. Бухтарма (Восточно-Казахстанская)	1,31	1,50	1,57	Нефтепродукты	0,18	3,6	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,0016	1,6	
				Нефтепродукты	0,27	5,5	
р. Брекса (Восточно-Казахстанская)	4,89	13,06	23,50	Медь	0,281	281,0	7 класс, чрезвычайно грязная
				Цинк	1,32	132,0	
				Нефтепродукты	0,17	3,7	
				Марганец	0,212	21,2	
р. Тихая (Восточно-Казахстанская)	5,24	5,23	5,99	Азот нитритный	0,062	3,1	5 класс, грязная
				Медь	0,0104	10,4	
				Цинк	0,150	15,0	
				Нефтепродукты	0,18	3,7	
				Марганец	0,051	5,1	
р. Ульба (Восточно-Казахстанская)	2,11	2,77	5,67	Медь	0,0053	5,3	5 класс, грязная
				Цинк	0,176	17,6	
				Нефтепродукты	0,17	3,5	
				Марганец	0,060	6,0	
р. Глубочанка (Восточно-Казахстанская)	3,22	9,49	18,44	Медь	0,0068	6,8	7 класс, чрезвычайно грязная
				Цинк	0,888	88,8	
				Нефтепродукты	0,18	3,9	
				Марганец	0,097	9,7	
р. Красноярка (Восточно-Казахстанская)	2,35	5,96	21,55	Медь	0,0022	2,2	7 класс, чрезвычайно грязная
				Цинк	1,100	110,0	
				Нефтепродукты	0,21	4,2	
				Марганец	0,116	11,6	
р. Уба (Восточно-Казахстанская)	0,82	1,07	3,05	Медь	0,0032	3,2	4 класс, загрязненная
				Цинк	0,030	3,0	
				Нефтепродукты	0,16	3,4	
				Ртуть	0,00045	4,5	

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	4 кв. 2003 г.	3 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.				
р. Урал (Западно-Казахстанская)	0,82	0,66	0,64	-	-	-	2 класс, чистая
р. Чаган (Западно-Казахстанская)	0,89	0,89	0,63	-	-	-	2 класс, чистая
р. Деркул (Западно-Казахстанская)	0,95	0,92	0,89	Азот нитритный	0,103	1,3	2 класс, чистая
р. Илек (Актюбинская)	5,02	3,91	3,82	Бор	0,31	18,2	4 класс, загрязненная
				Хром (6+)	0,215	10,8	
р. Тобол (Костанайская)	0,65	0,53	0,46	ХПК	37,2	1,2	2 класс, чистая
р. Ишим (Северо-Казахстанская)	0,96	0,93	0,82	Железо общее	0,18	1,8	2 класс, чистая
вдхр. Сергеевское (Северо-Казахстанская)	0,87	0,91	0,77	Железо общее	0,16	1,6	2 класс, чистая
р. Ишим (Акмолинская)	0,89	0,71	0,66	Сульфаты	142	1,4	2 класс, чистая
вдхр. Вячеславское (р. Ишим)	0,64	0,57	0,54	-	-	-	2 класс, чистая
р. Ак-Булак (г. Астана)	0,64	0,93	2,10	Сульфаты	662	6,6	3 класс, умеренно загрязненная
				Нефтепродукты	0,13	2,6	
р. Сары-Булак (г. Астана)	0,76	1,42	1,39	Сульфаты	310	3,1	3 класс, умеренно загрязненная
				Нефтепродукты	0,09	1,8	
р. Жабай (Акмолинская)	0,90	1,31	0,93	Сульфаты	219	2,2	2 класс, чистая
р. Нура (Акмолинская)	1,36	1,20	1,29	БПК <sub>5</sub>	3,66	1,8	3 класс, умеренно загрязненная
				Сульфаты	321	3,2	
				Нефтепродукты	0,07	1,4	
оз. Копа (Акмолинская)	0,97	1,22	1,05	Сульфаты	342	3,4	3 класс, умеренно загрязненная
оз. Боровое (Акмолинская)	0,35	0,45	0,355	-	-	-	2 класс, чистая
оз. Б. Чебачье (Акмолинская)	0,52	0,66	0,65	Сульфаты	181	1,8	2 класс, чистая
оз. Щучье (Акмолинская)	0,42	0,74	0,47	-	-	-	2 класс, чистая
р. Нура (Карагандинская)	1,87	2,13	2,05	Медь	0,0024	2,4	3 класс, умеренно

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	4 кв. 2003 г.	3 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.				
				Ртуть	0,00031	3,1	загрязненная
р. Кара-Кенгир (Карагандинская)	2,50	4,14	3,61	Азот нитритный	0,052	2,6	4 класс, загрязненная
				Медь	0,0087	8,7	
				Сульфаты	706	7,1	
				Нефтепродукты	0,10	2,0	
вдхр. Самаркандское (Карагандинская)	1,80	1,34	1,01	Нефтепродукты	0,10	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
вдхр. Кенгирское (Карагандинская)	2,40	2,81	2,21	Сульфаты	233	2,3	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,0064	6,4	
				Нефтепродукты	0,09	1,8	
оз. Балхаш (Карагандинская)	2,73	2,62	2,40	Медь	0,010	10,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Цинк	0,012	1,2	
Р. Или (Алматинская)	1,67	1,92	1,21	Медь	0,0027	2,7	3 класс, умеренно загрязненная
				Фенолы	0,0019	1,9	
р. Шарын (Алматинская)	2,01	1,70	1,31	Железо	0,19	1,9	3 класс, умеренно загрязненная
				Фенолы	0,003	3,0	
р. Шилик (Алматинская)	1,70	1,71	1,17	Медь	0,002	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Фенолы	0,002	2,0	
р. Тургень (Алматинская)	0,95	0,86	2,57	Медь	0,011	11,0	4 класс, загрязненная
				Фенолы	0,002	2,0	
р. Текес (Алматинская)	1,43	1,85	1,14	Железо	0,20	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Фенолы	0,002	2,0	
р. Хоргос (Алматинская)	1,38	2,16	1,02	Цинк	0,026	2,6	3 класс, умеренно загрязненная
р. Каркара (Алматинская)		0,98	1,06	Медь	0,018	1,8	3 класс, умеренно загрязненная
				Фенолы	0,002	2,0	
р. Баянкол (Алматинская)		1,67	0,99	Цинк	0,021	2,1	2 класс, чистая
				Фенолы	0,002	2,0	
вдхр. Капчагайское (Алматинская)	2,08	1,95	1,24	Медь	0,0015	1,5	3 класс, умеренно загрязненная
				Фенолы	0,0025	2,5	

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	4 кв. 2003 г.	3 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.				
р. М. Алматинка (г. Алматы)	3,42	1,19	1,37	Медь	0,003	3,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Фенолы	0,002	2,0	
р. Есентай (г. Алматы)	4,12	1,27	1,11	Медь	0,003	3,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. Б. Алматинка (г. Алматы)	4,35	1,07	1,15	Медь	0,002	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Фенолы	0,002	2,0	
оз. Большое Алматинское	1,75	1,12	0,98	Медь	0,002	2,0	2 класс, чистая
р. Талас (Жамбылская)	0,60	0,77	0,66	-	-	-	2 класс, чистая
р. Шу (Жамбылская)	1,60	1,82	1,93	Фенолы	0,002	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Азот нитритный	0,049	2,5	
				Медь	0,0036	3,6	
р. Асса (Жамбылская)	0,68	0,82	0,73	Азот аммонийный	0,56	1,4	2 класс, чистая
вдхр. Ташуткульское (Жамбылская)	-	2,17	1,38	Медь	0,003	3,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Фенолы	0,002	2,0	
р. Сырдарья (Южно-Казахстанская)	2,07	2,04	2,14	<b>Сульфаты</b>	496	4,9	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,004	4,0	

Таблица 5.1

Химический состав атмосферных осадков (по данным наблюдений за 4 квартал 2004 года)

Место наблюдения	Створ осадков	Сумма ионов, мг/дм <sup>3</sup>	рН	Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>		Концентрация микро-элементов, мкг/дм <sup>3</sup>	Водность,
				анионы	катионы		



				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	
<b>Акмолинская область</b>																	
Астана	95,5	50,08	6,66	14,01	7,10	0,53	12,78	0,21	4,91	1,49	1,36	7,65	8,97	30,46	0,71	0,33	83,9
Боровое	69,1	12,64	6,11	2,00	2,47	0,38	3,61	0,49	1,37	0,74	0,33	1,22	3,95	29,85	0,47	0,19	21,8
Щучинск	66,5	21,68	6,27	5,37	2,17	0,51	6,75	0,29	2,57	1,32	0,65	2,00	3,10	32,52	0,48	0,27	36,5
<b>Актюбинская область</b>																	
Актобе	119,0	155,17	7,05	38,07	35,51	1,20	27,90	0,34	28,88	2,09	2,44	18,74	6,57	49,19	0,06	0,54	277,3
Аяккум	96,5	123,84	7,27	20,38	7,80	1,07	58,80	1,89	7,00	7,68	6,27	12,95	5,23	29,77	0,29	0,69	181,9
Мугоджарская	126,0	81,73	6,77	29,17	7,00	1,94	20,09	0,24	4,15	2,32	6,01	10,81	2,43	34,03	0,02	0,26	145,8
Новороссийск	153,5	56,46	6,41	12,36	10,47	1,49	14,97	0,19	5,87	2,11	2,32	6,67	11,42	27,79	0,57	0,32	98,7
Шалкар	94,6	41,41	6,55	9,76	4,35	0,68	14,18	0,68	5,47	1,00	0,98	4,32	3,48	27,40	0,33	0,36	66,0
<b>Алматинская область</b>																	
Алматы	192,1	6,90	1,55	0,64	21,13	0,64	1,14	0,55	2,20	5,17	19,50	25,28	0,53	0,22	39,92	7,14	56,9
Аул-4	34,9	41,93	17,11	1,11	42,01	1,24	15,55	7,00	3,93	18,60	3,12	27,43	0,01	0,67	148,5	7,52	245,5
Есик	208	2,43	0,98	0,72	2,15	0,27	0,64	0,39	0,31	1,15	3,32	19,21	0,03	0,49	9,04	6,16	16,3
Капчагай	84,5	6,83	3,17	0,45	9,95	0,19	1,80	0,84	1,46	4,24	8,54	33,65	0,47	0,30	28,93	6,68	46,8
Мынжилки	153,8	1,16	1,08	0,20	1,88	0,20	0,77	0,31	0,12	0,67	7,04	34,48	0,02	0,10	6,38	6,05	11,3
Текели	210,3	11,41	4,04	0,38	11,74	0,39	1,91	1,13	1,98	6,19	12,27	20,44	0,16	0,32	39,17	6,53	65,6
<b>Атырауская область</b>																	
Атырау	61,6	227,69	7,38	69,17	30,78	1,43	60,73	0,87	20,71	3,88	10,86	29,25	4,81	33,11	0,32	0,38	398,6
Пешной	45,6	73,33	7,10	15,93	8,24	1,23	25,87	0,38	7,57	2,22	2,64	9,25	9,59	22,63	0,25	0,54	115,2
<b>Восточно-Казахстанская область</b>																	
Большенарымское	75,1	4,05	1,50	0,42	3,36	0,28	1,57	0,52	0,51	1,34	4,92	29,88	1,08	0,41	13,56	6,13	22,9
Лениногорск	158,0	7,63	4,41	1,78	9,01	0,40	2,80	2,13	1,54	3,59	6,73	47,17	0,69	0,36	33,28	6,62	60,1
Семипалатинск	116,8	4,91	2,34	0,50	7,59	0,24	1,31	1,18	1,22	2,30	2,83	35,59	0,18	0,97	21,58	6,47	36,4
Усть-Каменогорск	155,4	10,50	4,60	0,44	6,61	1,26	2,68	0,63	1,27	3,71	12,22	55,98	0,75	1,33	31,71	6,40	60,0
<b>Жамбылская область</b>																	
Бурно-Октябрьское	171,9	73,11	7,28	5,76	2,11	0,45	46,46	0,33	0,93	0,54	4,60	11,94	4,62	24,44	0,43	0,39	102,1
Жамбыл	114,9	15,83	6,21	4,64	2,13	0,47	3,98	0,24	1,13	0,54	1,15	1,57	10,88	29,26	0,30	0,51	27,9
Толе-би	113,0	82,99	6,88	21,98	5,59	0,82	30,49	0,80	5,68	3,02	3,72	10,90	5,98	31,20	0,05	1,21	129,4
<b>Западно-Казахстанская область</b>																	

Метеостанция	Количество осадков, мм	Сумма ионов, мг/дм <sup>3</sup>	рН	Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>										Концентрация микро-элементов, мкг/дм <sup>3</sup>				Электропроводность, мкСм/см <sup>3</sup>
				анионы					катионы					Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	
				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>						
Аксай	159,4	94,08	7,00	18,85	6,98	0,64	39,14	0,79	7,23	5,27	3,58	11,61	7,66	45,99	0,43	0,78	143,9	
Каменка	141,1	58,30	6,96	9,35	4,62	0,72	27,94	2,29	3,96	1,06	1,87	6,49	7,04	28,37	0,05	0,46	91,5	
Уральск	135,8	43,66	7,09	9,31	2,44	1,07	18,93	0,55	1,86	0,86	2,61	6,02	5,40	36,39	0,03	0,39	66,8	
<b>Карагандинская область</b>																		
Балхаш	41,9	29,05	6,36	10,49	3,74	0,34	5,35	0,25	3,24	0,59	0,90	4,14	16,09	82,63	2,43	1,87	52,4	
Жезказган	49,5	23,06	6,39	7,84	3,17	0,50	4,50	0,45	2,47	0,93	0,93	2,27	8,71	57,56	6,59	1,90	41,1	
Караганда	95,7	27,61	6,56	6,42	5,29	0,64	5,92	0,78	2,37	2,66	1,12	2,41	4,25	31,96	0,60	1,13	49,9	
Караг. СХОЗ	68,4	97,41	7,02	23,50	9,05	3,87	32,88	0,10	5,47	3,31	5,63	13,61	4,38	33,64	0,61	0,60	167,3	
<b>Кызылординская область</b>																		
Аральское море	50,4	154,88	7,04	38,15	18,90	1,92	48,87	0,10	21,44	2,30	5,91	17,29	5,61	38,40	0,51	0,35	255,9	
Джусалы	36,0	111,63	6,93	26,90	19,29	0,46	28,47	2,98	18,87	2,80	2,19	9,67	6,48	25,84	0,04	0,48	201,2	
<b>Костанайская область</b>																		
Костанай	127,1	71,62	6,92	16,86	9,99	0,70	22,35	1,36	6,54	3,50	3,64	6,67	3,39	40,76	0,64	0,54	129,2	
<b>Мангистауская область</b>																		
Актау	73,2	113,96	7,08	23,71	24,758	1,57	27,54	0,81	15,66	2,17	3,85	13,89	3,13	32,60	0,26	0,80	202,6	
<b>Павлодарская область</b>																		
Иртышск	71,0	34,88	6,88	4,07	1,76	0,55	19,74	0,13	0,88	0,92	2,15	4,68	5,00	31,85	1,46	0,96	49,99	
Павлодар	82,3	51,98	6,70	17,03	5,93	0,65	12,34	0,86	4,19	1,50	2,06	7,43	4,94	41,12	0,17	1,10	91,2	
Экибастуз	24,6	72,60	6,81	24,27	9,33	1,66	14,40	0,61	7,50	3,00	2,78	9,05	13,34	24,70	0,49	0,34	136,5	
<b>Северо-Казахстанская область</b>																		
Петропавловск	105,1	31,51	6,49	6,52	5,89	0,29	8,68	0,49	3,62	1,26	1,19	3,56	3,67	57,28	0,07	0,27	53,8	
<b>Южно-Казахстанская область</b>																		
Казыгурт	195,5	49,00	6,93	9,16	8,37	0,55	15,27	0,97	5,98	1,70	1,37	5,63	3,55	35,88	0,74	0,16	83,4	
Шымкент	250,0	30,27	6,74	4,78	1,63	0,81	15,05	0,53	1,04	0,70	1,81	3,91	10,99	55,44	0,57	0,80	46,8	



Качество поверхностных вод реки **Уба** относится к 4 классу – «загрязненная» (ИЗВ – 3,05). Превышения ПДК наблюдались по меди (3,2 ПДК), цинку (3,0 ПДК), нефтепродуктам (3,4 ПДК) и ртути (4,5 ПДК).

Качество воды в реках **Бухтарма** относится к 3 классу – «умеренно загрязненная» (ИЗВ – 1,57). Наблюдались превышения ПДК по меди (1,6 ПДК) и нефтепродуктам (5,5 ПДК).

На участке г. Усть-Каменогорск – г. Семипалатинск – г. Павлодар индекс загрязненности воды реки **Иртыш** составляет 1,56...1,49, что соответствует 3-му классу – «умеренно загрязненные», при содержании в воде реки меди (до 2,0 ПДК) и нефтепродуктов (до 3,6 ПДК).

Река **Урал, Чаган** и **Деркул** (Западно-Казахстанская область) отнесены к 2 классу – «чистые» (ИЗВ – до 0,89). Выявлено превышение ПДК по азоту нитритному (р. Деркул – 1,3 ПДК). В реках Урал и Чаган превышение ПДК не наблюдалось.

Река **Илек** в Актюбинской области относится к «загрязненным» водным объектам. Содержание бора составляет – 18,2 ПДК и шестивалентного хрома – 10,8 ПДК. Среднее значение ИЗВ – 3,82, по качеству вода реки 4-го класса.

Река **Тобол** (Костанайская область) по качеству воды относится к 2-му классу – «чистая», ИЗВ = 0,46. Превышение ПДК наблюдались по ХПК (1,2 ПДК).

Повышенное содержание ПДК по железу общему наблюдались в реке **Ишим** и вдхр. **Сергеевское** (Северо-Казахстанская область) до – 1,8 ПДК, ИЗВ – 0,77...0,82, качество воды относится ко 2 классу – «чистые».

Реки **Ишим, Жабай**, вдхр. **Вячеславское** и озёра **Боровое, Щучье** и **Большое Чебачье** (Акмолинская область) по качеству воды относятся ко 2-му классу – «чистые», (ИЗВ – 0,35...0,93). Отмечены превышения ПДК по сульфатам (до 2,2 ПДК). В вдхр. Вячеславское и озёрах Боровое, Щучье превышение ПДК не наблюдалось.

Реки **Нура, Ак-Булак** (г. Астана), **Сары-Булак** (г. Астана) и оз. **Копя** (Акмолинская область), характеризуется по качеству воды как «умеренно загрязненные» – 3 класс (ИЗВ – 1,05...2,10), при повышенном содержании БПК<sub>5</sub> (р. Нура – 1,8 ПДК), сульфатов (до 6,6 ПДК) и нефтепродуктов (до 2,6 ПДК).

Качество воды р. **Нура**, водохранилище **Самаркандское** и **Кенгирское** (Карагандинская обл.) относятся к 3-му классу – «умеренно загрязненные» (ИЗВ – до 2,21). В поверхностных водах этих водных источников содержание загрязняющих веществ составило: в р. Нура по меди (2,4 ПДК) и ртути (3,1 ПДК); в вдхр. Кенгирское по меди (6,4 ПДК), сульфатам (2,3 ПДК) и нефтепродуктам (1,8 ПДК); в вдхр. Самаркандское по нефтепродуктам (2,0 ПДК).

Качество воды в реке **Кара-Кенгир** (Карагандинская обл.) относится к 4 классу – «загрязненные» (ИЗВ – 3,61). В поверхностных водах этого водного источника содержание загрязняющих веществ составило по азоту нитритному (2,6 ПДК), сульфатам (7,1 ПДК) и меди (8,7 ПДК).

Качество воды в водохранилище и оз. **Балхаш** (Карагандинская обл.) относится к 3 классу – «умеренно загрязненные» (ИЗВ – 2,40). В поверхностных водах этого водного источника содержание загрязняющих веществ составило по меди (10 ПДК) и цинку (1,2 ПДК).

Качество воды в реке **Тургень** (Алматинская область) характеризуется по качеству воды как «загрязненные» (4 класс, ИЗВ – 2,57). Отмечались превышения ПДК по меди (11,0 ПДК) и фенолам (2,0 ПДК).

Качество воды рек **Или, Шарын, Шилик, Текес, Хоргос, Каркара** и вдхр. **Капшагайское** (Алматинская область) соответствует 3 классу – «умеренно загрязненные» (ИЗВ 1,02...1,31), при повышенном содержании железа (рек Текес и Шарын – до 2,0 ПДК), меди (до 2,7 ПДК), цинка (до 2,6 ПДК) и фенолам (до 3,0 ПДК).

Река **Баянкол** и озеро **Большое Алматинское** (Алматинская область) относится к 2 классу – «чистые» (ИЗВ – 0,98...0,99) ПДК наблюдались по меди (оз. Большое Алматинское – 3,0 ПДК), цинку (2,1 ПДК) и фенолам (2,0 ПДК).

Индекс загрязненности воды рек **Малая и Большая Алматинки** и **Есентай** (г. Алматы) соответствует 3 классу – «умеренно загрязненные» (ИЗВ до 1,37), при повышенном содержании по меди (до 3,0 ПДК) и фенолам (2,0 ПДК).

Реки **Талас** и **Асса** (Жамбылская область) определены как «чистые» (2 класс – ИЗВ 0,66...0,73). Превышения ПДК наблюдались по азоту аммонийному в р. Асса (1,4 ПДК).

Индекс загрязненности воды р. **Шу** (Жамбылская область) составил 1,93 (3 класс – «умеренно загрязненная»), при содержании азота нитритного (2,5 ПДК), меди (3,6 ПДК) и фенолам (2,0 ПДК).

Вдхр. **Ташуткульское** (Жамбылская обл.) определялось как «умеренно-загрязненное» (ИЗВ – 1,38). В поверхностных водах этого водного источника содержание загрязняющих веществ составило по меди (3,0 ПДК) и фенолам (2,0 ПДК).

Загрязненность р. **Сырдарья** (Южно-Казахстанская область и Кызылординская область) определяется значением ИЗВ – 2,14 (3 класс - «умеренно загрязненная»), при содержании меди (4,0 ПДК) и сульфатов (4,9 ПДК).

По сравнению с 3 кварталом 2004 года отмечаются следующие изменения качества поверхностных вод (рис. 2.2., табл. 2.1).

По рекам Восточного Казахстана качество воды не изменилось в реках Иртыш (Павлодарская), Бухтарма, Брекса и Тихая. По рекам (ВКО) Ульба, Красноярка, Глубочанка и Уба наблюдается небольшое ухудшение качества воды. В Западном Казахстане качество воды не изменилось.

На территории Северного и Центрального Казахстана качество воды ухудшилось в реке Ак-Булак; улучшилось в реках Жабай, Кара-Кенгир, водохранилище Кенгирское, оз. Балхаш и не изменилось по остальным водным объектам.

В Южном Казахстане отмечено ухудшение качества воды в реках Тургень и Каркара; улучшение наблюдалось в р. Баянкол и оз. Большое Алматинское. Для остальных наблюдаемых водных объектов качество воды осталось на прежнем уровне.

За этот же период отмечается ухудшение качества воды в реках находящихся под влиянием населенных пунктов: Ульба (рудн. Тишинский и г. Усть-Каменогорск), Тихая (г. Риддер), Брекса (г. Риддер), Глубочанка (с. Белоусовка и. Глубокое), Красноярка (с. Предгорное), Уба (г. Шемонаиха), Ак-Булак (г. Астана). По другим наблюдаемым водным объектам, находящимся под влиянием городов и промышленных центров, качество воды не изменилось или несколько улучшилось: Иртыш (г. Семипалатинск), Жабай (г. Атбасар), Нура (г. Темиртау) и Кара-Кенгир (г. Жезказган) (табл. 2.2).

В сравнении с 4 кварталом 2003 г. отмечаются следующие изменения качества поверхностных вод (рис. 2.2., табл. 2.1).

По рекам Восточного Казахстана качество воды не изменилось в Тихая и Бухтарма. По остальным рекам наблюдается ухудшение качества воды. В Западном Казахстане качество воды улучшилось в реке Илек. В остальных наблюдаемых водных объектах качество воды не изменилось.

На территории Северного и Центрального Казахстана качество воды ухудшилось в р.р. Ак-Булак, Сары-Булак, Кара-Кенгир, оз. Копа. Наблюдается улучшение в оз. Балхаш и не изменилось по остальным водным объектам.

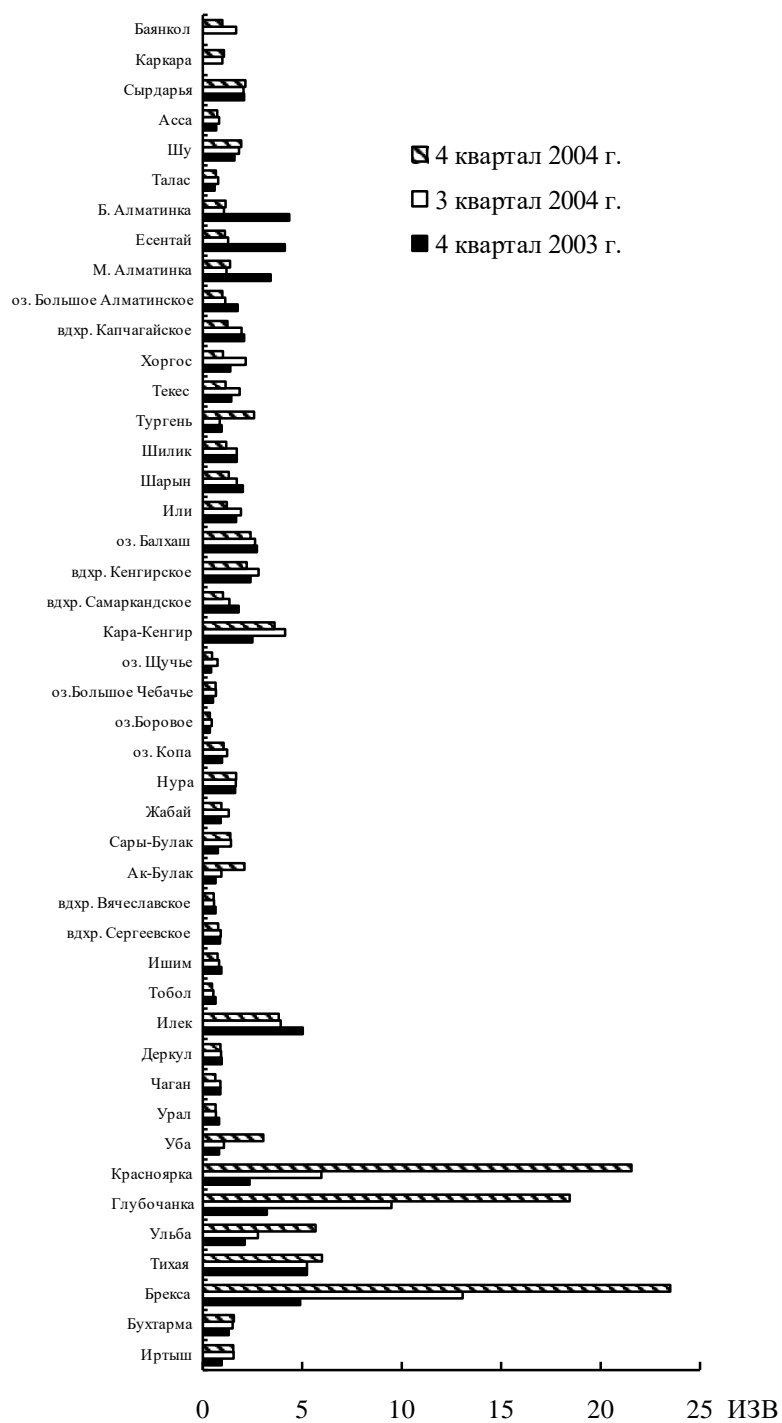


Рис. 2.2. Динамика индекса загрязненности воды рек Казахстана за 4 квартал 2004 г.

В Южном Казахстане отмечено улучшение качества воды в р. Малая Алматинка и р. Большая Алматинка, Есентай и оз. Большое Алматинское; ухудшение – в р. Тургень. Для остальных наблюдаемых водных объектов качество воды осталось на прежнем уровне.

За этот же период отмечается ухудшение качества воды в реках находящихся под влиянием населенных пунктов: Иртыш (г.г. Семипалатинск и Павлодар), Ульба (рудн. Тишинский и г. Усть-Каменогорск), Брекса (г. Риддер), Глубочанка (с. Белоусовка и пос. Глубокое), Красноярка (с. Предгорное), Уба (г. Шемонаиха), Ак-Булак и Сары-Булак (г. Астана). По другим наблюдаемым водным объектам, находящихся под влиянием городов и промышленных центров, качество воды не изменилось или несколько улучшилось: р.р. Илек (г.г. Алга и Актобе), Ишим (с. Долматово) Малая Алматинка, Большая Алматинка и Есентай (г. Алматы) (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Влияние населенных пунктов на уровень загрязненности поверхностных вод

Пункт контроля	ИЗВ			Характеристика качества воды
	4 кв. 2003 г.	3 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.	
р. Иртыш, г. Усть-Каменогорск	1,04	1,38	1,60	3 кл., ум. загрязн.
р. Иртыш, г. Семипалатинск	0,71	2,84	1,48	3 кл., ум. загрязн.
р. Иртыш, г. Павлодар	0,96	1,43	1,44	3 кл., ум. загрязн.
р. Бухтарма, г. Зыряновск	1,31	1,50	1,56	3 кл., ум. загрязн.
р. Ульба, рудн. Тишинский	3,14	3,79	7,92	6 кл., очень грязная
р. Ульба, г. Усть-Каменогорск	1,34	1,97	2,69	4 кл., загрязненная
р. Тихая, г. Риддер	5,17	5,22	5,99	5 кл., грязная
р. Брекса, г. Риддер	4,78	12,83	23,50	7 кл., чрезв. грязная
р. Глубочанка, с. Белоусовка	3,05	13,54	20,59	7 кл., чрезв. грязная
р. Глубочанка, с. Глубокое	3,27	5,20	16,23	7 кл., чрезв. грязная
р. Красноярка, с. Предгорное	2,28	5,81	21,50	7 кл., чрезв. грязная
р. Уба, г. Шемонаиха	0,81	1,06	2,73	4 кл., загрязненная
р. Урал, г. Уральск	0,64	0,60	0,60	2 кл., чистая
р. Чаган, г. Уральск	0,73	0,72	0,63	2 кл., чистая
р. Деркул, п. Селекционный	0,89	0,55	0,89	2 кл., чистая
р. Илек, г. Алга	6,80	5,74	5,20	5 кл., грязная
р. Илек, г. Актюбинск	3,57	2,43	2,51	4 кл., загрязненная
р. Ишим, г. Петропавловск				
0,2 км выше города	0,87	0,78	0,70	2 кл., чистая
4,8 км ниже города	0,94	0,81	0,76	2 кл., чистая
р. Ишим, с. Долматово	1,04	1,10	0,96	2 кл., чистая
р. Ишим, г. Астана				
3 км выше города	0,66	0,56	0,53	2 кл., чистая
в черте города	0,88	0,76	0,64	2 кл., чистая
8 км ниже города	1,02	0,79	0,82	2 кл., чистая
р. Ак-Булак, г. Астана	0,62	0,93	2,08	3 кл., ум. загрязн.



Пункт контроля	ИЗВ			Характеристика качества воды
	4 кв. 2003 г.	3 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.	
р. Сары-Булак, г. Астана	0,76	1,42	1,39	3 кл., ум. загрязн.
р. Жабай, г. Атбасар	0,87	1,31	0,90	2 кл., чистая
р. Нура, г. Темиртау	2,07	2,87	2,33	3 кл., ум. загрязн.
р. Кара-Кенгир, г. Жезказган	3,00	5,07	4,00	5 кл., грязная
оз. Балхаш, бухта <i>Бертыс</i>	3,86	3,95	3,32	4 кл., загрязненная
оз. Балхаш, залив <i>Тарангалык</i>	2,35	2,28	2,38	3 кл., ум. загрязн.
оз. Балхаш (залив <i>Малый Сары-Шаган</i> )	2,60	2,37	2,44	3 кл., ум. загрязн.
р. Талас, г. Тараз	0,67	0,79	0,79	2 кл., чистая
р. Тобол, г. Костанай	0,65	0,53	0,46	2 кл., чистая
р. Мал. Алматинка, г. Алматы	3,42	1,19	1,37	3 кл., ум. загрязн.
р. Есентай, г. Алматы	4,12	1,27	1,11	3 кл., ум. загрязн.
р. Бол. Алматинка, г. Алматы	4,35	1,07	1,15	3 кл., ум. загрязн.
р. Бадам, г. Шымкент	1,93	2,17	2,05	3 кл., ум. загрязн.
Шардаринское вдхр.	2,10	2,71	2,12	3 кл., ум. загрязн.

### 3 Радиационный гамма-фон за 4 квартал 2004 года

Наблюдения за мощностью дозы гамма-излучения на местности осуществлялись ежедневно на 65 метеорологических станциях.

Среднегодовые значения мощности дозы гамма-излучения, усредненные по областям, а также максимальные и минимальные значения представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Мощность дозы гамма-излучения за 4 квартал 2004 года

Область	Мощность дозы, мкЗв/ч		
	среднее	максимальное	минимальное
Акмолинская	0,14	0,21	0,06
Актюбинская	0,12	0,19	0,08
Алматинская	0,15	0,22	0,08
Атырауская	0,13	0,17	0,09
Восточно-Казахстанская	0,15	0,24	0,06
Западно-Казахстанская	0,11	0,15	0,08
Жамбылская	0,15	0,20	0,11
Карагандинская	0,14	0,19	0,09
Костанайская	0,11	0,15	0,07
Павлодарская	0,14	0,22	0,08
Северо-Казахстанская	0,11	0,18	0,08
Южно-Казахстанская	0,14	0,19	0,09

Среднеквартальные значения мощности дозы гамма-излучения за 4 квартал по областям находятся в пределах 0,06...0,24 мкЗв/ч. В среднем радиационный гамма-фон составил 0,13 мкЗв/ч и находился в допустимых пределах [7].

#### 4 Плотность радиоактивных выпадений за 4 квартал 2004 г.

Контроль за радиоактивным загрязнением приземной атмосферы за 4 квартал 2004 г. осуществлялся на метеорологических станциях Казгидромета путем отбора проб воздуха горизонтальными планшетами. На всех станциях проводился пятисуточный отбор проб. Эффективность отбора проб планшетом составляет 0,7. Суммарная бетта-активность определялась на установках малого фона УФМ-1500. Результаты лабораторных анализов приведены в табл. 4.1.

Среднесуточная плотность радиоактивных выпадений в приземной атмосфере на территории Республики Казахстан колебалась в пределах 0,9...1,3 Бк/м<sup>2</sup>. Средняя величина плотности выпадений за 4 квартал 2004 г. составила 1,1 Бк/м<sup>2</sup>.

Таблица 4.1

Плотность радиоактивных выпадений в приземной атмосфере на территории Республики Казахстан за 4 квартал 2004 года, Бк/м<sup>2</sup>

Населенный пункт	Плотность радиоактивных выпадений			
	месяц			среднее
	10	11	12	
<b>Акмолинская</b>				
Астана	1,0	1,2	1,2	1,2
Атбасар	1,1	1,2	1,3	1,2
Боровое	1,1	1,1	1,2	1,1
Кокшетау	1,2	1,1	1,3	1,2
Степногорск	1,1	1,1	1,2	1,2
<b>Актюбинская</b>				
Актобе	1,2	1,2	1,3	1,2
Караул-Кельды	1,3	1,2	1,2	1,2
Шалкар	1,1	1,1	1,1	1,1
<b>Алматинская</b>				
Алматы	1,3	1,3	1,2	1,3
Жаркент	1,2	1,1	1,2	1,2
Лепсинск	1,2	1,1	1,2	1,2
Нарынкол	1,2	1,2	1,2	1,2
Талды-Корган	1,2	1,1	1,2	1,2
<b>Атырауская</b>				
Атырау	0,9	1,1	1,2	1,1
<b>Восточно-Казахстанская</b>				
Аягуз	1,2	1,1	1,1	1,1

Населенный пункт	Плотность радиоактивных выпадений			
	месяц			среднее
	10	11	12	
Баршатас	1,1	1,2	1,0	1,1
Бахты	0,9	1,1	1,0	1,0
Зайсан	1,1	1,0	1,1	1,1
Кокпекты	1,2	1,2	1,2	1,2
Семипалатинск	1,1	1,0	1,1	1,1
Усть-Каменогорск	1,2	1,2	1,0	1,1
<b>Жамбылская</b>				
Тараз	1,1	1,2	1,2	1,2
Толеби	1,1	1,1	1,3	1,2
Чиганак	1,1	1,1	1,0	1,1
<b>Западно-Казахстанская</b>				
Тайпак	1,0	1,1	1,1	1,1
<b>Карагандинская</b>				
Балхаш	1,2	1,2	1,3	1,2
Жезказган	1,0	1,1	1,2	1,1
Караганда	1,1	1,1	1,1	1,1
<b>Костанайская</b>				
Костанай	1,1	1,2	1,0	1,1
<b>Мангистауская</b>				
Актау	1,0	1,1	1,0	1,0
Форт Шевченко	1,1	1,2	1,0	1,1
<b>Павлодарская</b>				
Иртышск	1,2	1,2	1,2	1,2
Павлодар	1,1	1,0	0,9	1,0
Экибастуз	1,2	1,2	1,2	1,2
<b>Северо-Казахстанская</b>				
Петропавловск	1,1	1,1	1,2	1,1
<b>Южно-Казахстанская</b>				
Шымкент	1,0	1,1	1,2	1,1
Туркестан	1,1	1,0	1,1	1,1
<b>Кызылординская</b>				
Кызылорда	1,1	1,2	1,1	1,1
Аральское море	1,2	1,1	1,0	1,1
<b>Среднее по РК</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>

#### 5 Химический состав атмосферных осадков за 4 квартал 2004 г.

Данные мониторинга химического состава атмосферных осадков приведены за 4 квартал 2004 года, по метеостанциям РГП «Казгидромет».

По программе Всемирной метеорологической организации в пробах осадков определялись анионы – сульфаты, хлориды, нитраты; катионы – аммоний, натрий, калий, кальций, магний; микроэлементы – свинец, медь, кадмий, мышьяк, кислотность и удельная электропроводность.







Для оценки состояния загрязнения атмосферных осадков использованы значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для водоемов хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования (СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода»).

Высокие концентрации наблюдались на М Актау, Атырау и Аральское море. Наиболее загрязненные осадки на этих МС были в октябре месяце за счет незначительного количества выпавших в этих районах осадков. На М Атырау в октябре электропроводность осадков составила 811,0 мкС/см (табл. 5.1).

Наблюдалось превышение ПДК по кадмию на МС Балхаш в 2,2 раза в ноябре и на М Жезказган в 3,2 раза в декабре.

Водородный показатель снежного покрова находится в пределах 5,27 (Актобе) – 6,87 (Шымкент). Кислотность проб снежного покрова имеет характер нейтральной и слабо щелочной среды.

Все определяемые примеси, в том числе соли тяжелых металлов в снежном покрове не превышают предельно допустимые концентрации.

На М Пешной (Атырауская обл.), М Актау (Мангистауская обл.) и М Бурно-Октябрьское (Жамбылской обл.) пробы не брались из-за отсутствия снежного покрова.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГН 2.1.6.695-98. РК 3.02.036.99. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М.: Минздрав России, 1998. – С. 2-69.
2. ГН 2.1.6.696-98. РК 3.02.037.99. Гигиенические нормативы. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М.: Минздрав России, 1998. – С. 70-201.
3. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Госком по гидрометеорологии. Минздрав. М.: 1991. С.383-425.
4. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. Роскомрыболовство, 1993 г.
5. РК 3.01.067.97. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.559-96. Госкомсанэпиднадзор России. М.: 1996. – 111 с.
6. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. Госком по гидрометеорологии. М.: 1988. 10 с.
7. СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Алматы, Агентство по делам здравоохранения РК. 2000. 80 с.

Центр экологического мониторинга окружающей среды

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҚОРШАҒАН ОРТАСЫНЫҢ 2004  
ЖЫЛДЫҢ 4-ТОҚСАНЫНДАҒЫ ЛАСТАНУ ЖАҒДАЙЫ**

Геол.-мин. ғылымд. канд. Е.Ж. Муртазин  
Н.У. Бултеков

*Қоршаған ортаның ластануы туралы ақпарат «Қазгидромет» РМК ұлттық гидрометеорологиялық қызметтің бақылау орындарында қоршаған ортаның экологиялық мониторингін жүргізу жөніндегі арнаулы бөлімшелерінің негізінде дайындалды.*



**К 70-ЛЕТИЮ  
ДАВЛЕТГАЛИЕВА САКЕНА КАЛАМКАЛИЕВИЧА**



**Давлетгалиев Сакен Каламкалиевич (1935 г. р.)** – крупный ученый Казахстана – гидролог, доктор географических наук, профессор. Окончил гидрологический факультет Ленинградского гидрометеорологического института (1958 г.). По распределению был направлен в КазНИИ энергетики, где работал в должностях лаборанта, инженера, МНС. С самого начала трудовой деятельности участвовал в научных исследованиях, в частности по составлению Водно-энергетического кадастра КазССР и оценке годового стока рек Тарбагатайского Алатау. В 1971 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Вероятностные прогнозы речного стока и их использование при эксплуатации ГЭС». Работа в КазНИИ энергетики сыграла большую роль в становлении Сакена Каламкалиевича как ученого. Здесь он работал в контакте с крупными учеными д.т.н. Н.С. Калачевым, д.т.н., проф. Т.Л. Золотаревым, д.т.н., проф. И.В. Бусалаевым и др.

В 1996 г. в г. Санкт-Петербурге им защищена докторская диссертация на тему «Статистическое моделирование гидрологических рядов и гидрографов стока». В основе предлагаемой методики – метод канонического разложения.

С 1972 г. С.К. Давлетгалиев перешел в КазНУ им аль-Фараби, где работал старшим преподавателем, доцентом, а с 1998 г. по настоящее время – профессором кафедры гидрологии суши, в 1985...1992 гг. возглавлял эту кафедру.

Профессор С.К. Давлетгалиев успешно сочетает преподавательскую, методическую, научную, воспитательную и общественную деятельность.

Читает на русском и казахском языках базовые и специальные дисциплины: «Гидрологические прогнозы», «Математическое моделирование гидрологических процессов», «Математические методы обработки гидрологической информации», «Оценка точности гидрологических расчетов», «Прогноз качества природных вод» и др. Выпускные и дипломные работы, написанные студентами под руководством проф. С.К. Давлетгалиева, отличаются оригинальностью и высоким уровнем. Его ученики успешно работают во многих отраслях народного хозяйства.

Большое внимание Сакен Каламкалиевич уделяет методической работе. Он – автор 5 учебных пособий, изданных на русском и казахском языках, один из основных разработчиков 5 государственных общеобязательных стандартов образования РК по гидрологии и гидрометеорологии, опубликовал ряд типовых программ учебных дисциплин, подготовил в электронном виде лекции по основным читаемым курсам.

Преподавательскую и воспитательную деятельность он всегда сочетает с научной работой. Научные исследования проф. С.К. Давлетгалиев проводил и проводит в приоритетных направлениях науки, связанных с проблемами оз. Балхаш, Большого Алматинского канала им. Д.А. Кунаева, канала переброски части стока Сибирских рек в Казахстан и Среднюю Азию, с использованием трансграничных рек Или и Иртыш, с оценкой водных ресурсов и других гидрологических характеристик водных объектов Казахстана. Его научные исследования посвящены статистическому моделированию гидрологических рядов и гидрографов стока, а также проблемам использования и оценки точности гидрологических прогнозов и расчетов. Им разработана методика оценки эффективности использования вероятностных прогнозов речного стока и выборки расчетных гидрографов при определении оптимального режима работы ГЭС. Предложен способ получения и выбора типа кривых распределения стока на основе принципа максимума энтропии, составлены номограммы для определения многолетней емкости водохранилищ.

С.К. Давлетгалиев – ученый, известный не только в Казахстане, но и в других странах СНГ, автор более 100 научных работ, часть из которых опубликована в Российских изданиях.

Свой научный опыт он передает своим ученикам. Под его руководством защищено несколько магистерских и кандидатских диссертаций.

С.К. Давлетгалиев является членом Ученого совета географического факультета, заместителем председателя Совета по защите докторских диссертаций по специальности «25.00.27. – Гидрология суши, водные ресурсы и гидрохимия» при Институте географии и членом Совета по защите докторских диссертаций по указанной специальности в республике Кыргызстан.

За заслуги в научной и педагогической деятельности проф. С.К. Давлетгалиев награжден медалью «Ветеран труда», нагрудным знаком «Отличник образования РК», неоднократно награждался почетными грамотами КазНУ и Министерства высшего образования РК.

С.К. Давлетгалиев заслуженно пользуется авторитетом, уважением и глубокой симпатией среди коллег и студентов, благодаря своим замечательным личным качествам. Ему присущи исключительное трудолюбие, добросовестность научных исследований, объективность, интеллигентность, строгость и вместе с тем тактичность в общении, искренность, скромность, внимательное и доброе отношение к людям.

Сердечно поздравляем Вас, Сакен Каламкалиевич, с замечательным юбилеем. Желаем Вам долгих лет жизни, дальнейших творческих успехов, крепкого здоровья, свершения всего задуманного. Самые добрые пожелания Вашим близким.

Ваши коллеги, ученики и друзья.