



## **РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

Кудеков Т.К., канд. геол.-мин. наук (председатель); Медеу А.Р., доктор геогр. наук (зам. председателя); Ахмеджанов Т.К., доктор техн. наук; Ахметов А.С., доктор техн. наук; Бейсенова А. С., чл.-корр. НАН РК, доктор геогр. наук; Бишимбаев В.К., доктор техн. наук; Госсен Э.Ф., академик НАН РК, доктор с.-х. наук; Искаков Н.А., канд. экон. наук; Чередниченко В.С., доктор геогр. наук; Чигаркин А. В., доктор геогр. наук.

## **РЕДКОЛЛЕГИЯ**

Бурлибаев М.Ж., канд. геогр. наук (председатель); Кожрахметов П.Ж., канд. техн. наук (зам. председателя); Семенов О.Е., канд. физ.-мат. наук (зам. председателя); Ивкина Н.И., канд. геогр. наук (ответственный секретарь); Бельгибаев М.Е., доктор геогр. наук; Степанов Б. С., доктор геогр. наук; Акбасова А.Д., доктор техн. наук; Турсунов А.А., доктор техн. наук; Достай Ж.Д., доктор геогр. наук; Амиргалиев Н.А., доктор геогр. наук; Уманец В.Н., доктор техн. наук; Подольный О.В., доктор геол.-мин. наук; Садыков Д.Ш., доктор геол.-мин. наук; Муртазин Е.Ж., канд. геол.-мин. наук; Галаева О.С., компьютерная сборка.

## **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

### **№ 3 (30)**

©

Журнал издается с 1995 года.  
Регистрационное свидетельство № 1538  
Министерства печати РК.  
Подписной индекс 75855.

---

Адрес редакции:	480072, Алматы, пр. Сейфуллина, д. 597, к. 508
Телефон:	54-22-63
E-mail:	general@kniimosk.almaty.kz

---

Подписано в печать  
Формат бумаги 70 × 100/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.  
Объем п.л. Тираж 500 экз. Заказ  
Цена договорная.

---

Отпечатано в ЗАО ПА «KAZGOR»  
480091, г. Алматы, пр. Абылай хана, 81

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

<b>У.М. Султангазин, А.Х. Ахмеджанов</b> Об одном методе восстановления альбедо земной поверхности по данным космического зондирования. . . . .	9
<b>В.П. Крюкова</b> Озоновый слой и Монреальский протокол. . . . .	18
<b>Н.И. Ивкина, Т.П. Строева</b> Усовершенствование схемы прогноза неперидических колебаний уровня воды Каспийского моря на основе учета элементов водного баланса. . . . .	25
<b>Л.А. Ерисковская</b> Климатические изменения в высокогорной зоне Заилийского Алатау на примере ледника Туюксу. . . . .	33
<b>Е.И. Колесников</b> К вопросу прогноза лавин при снегопадах в бассейне р. Малой Алматинки. . . . .	39
<b>М.Ж. Бурлибаев</b> Сток взвешенных наносов как ключевой элемент устойчивости речных экосистем. . . . .	45
<b>М.Ж. Бурлибаев, А.А. Волчек, В.В. Лукша</b> Структура многолетней изменчивости речного стока Беларуси. . .	55
<b>А.Е. Джундибаев, В.О. Чередов</b> Обеспеченность водными ресурсами Акмолинской области, г. Астаны, пригорода и проблема загрязнения поверхностных вод. . . . .	67
<b>Б.Б. Айтымова, Г.С. Ахметова, А. Мамырбекова, Айс Турсунова</b> Оценка связей гидрологических характеристик стока рек с изменением типов атмосферной циркуляции по Б.Л. Дзердзеевскому.	75
<b>Е.Н. Вилесов, В.И. Морозова</b> Ледник Туюксу: результаты сравнения съемок 1958 и 1998 гг. . . .	82

<b>И.Н. Шестерова</b>	
Оценка деградации оледенения Китайской части бассейна р. Или. . . . .	91
<b>К.Ж. Мустафаев</b>	
Оценка устойчивости природной системы как среды обитания человека. . . . .	97
<b>В.Г. Сальников, А.Н. Литвиненко</b>	
Загрязнение атмосферы г. Астаны, как следствие урбанизации территории. . . . .	111
<b>В.П. Идрисова</b>	
Применяемые методы и результаты инвентаризации летучих эмиссий метана в угольном секторе Казахстана. . . . .	118
<b>Е.Д. Николаев</b>	
Об устойчивом развитии Или-Балхашского бассейна. . . . .	125
<b>И.Б. Кубанов</b>	
К проблеме оптимизации водопользования в Центрально Азиатском регионе. . . . .	132
<b>А.Т. Джумагулов, М.Б. Глебаев</b>	
Оценка воздействия гипсового производства на окружающую среду. . . . .	142
<b>Д.А. Рустембаева</b>	
Оценка радиоэкологического загрязнения территорий прилегающих к Азгырскому ядерному и Семипалатинскому испытательному полигонам. . . . .	148
<b>Т.А. Тимофеева, И.Ю. Переладов, И.Э. Сулейменов</b>	
Расчет параметров водоочистного цикла на основе использования полиэлектролитных гидрогелей. . . . .	154
<b>Е.Т. Темиркулов, Г.З. Шаяхметов</b>	
Физико-химические факторы антропогенного воздействия керамической промышленности. . . . .	161
<b>Ш.К. Альмухамбетова</b>	
Оценка и пути предотвращения загрязнения окружающей среды растворами при кучном выщелачивании руд. . . . .	171

<b>М. Жараспаев, А.Н. Нысангалиев, Т.К. Ахмеджанов, К. Кошанова, Е.Х. Аязбаев</b>	
Загрязнение атмосферы газообразными веществами при испарении нефти и нефтепродуктов. ....	177
<b>Е.Х. Аязбаев, Т.К. Ахмеджанов, Ш.К. Альмухамбетова</b>	
Климатические условия и особенности загрязнения окружающей среды серными соединениями на месторождении Тенгизское. ...	184
<b>О.А. Артемьев</b>	
Проблемы мониторинга водных объектов Алматинского региона.	190

## **ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ**

<b>М.Ж. Бурлибаев, Е.Ж. Муртазин</b>	
О состоянии загрязнения окружающей среды Республики Казахстан во 2-ом квартале 2003 года. ....	198

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

<b>U.M. Sultangazin, A.KH. Akhmedzhanov</b> About one method of albedo of the Earth's surface restoration by space sounding. ....	9
<b>V.P. Kryukova</b> Ozone layer and the Montreal Report of proceedings. ....	18
<b>N.I. Ivkina, T.P. Stroyeva</b> Improvement of the forecast scheme of the Caspian sea level non-periodical fluctuations on the account basis of the water balance elements. ....	25
<b>L.A. Eriskovskaya</b> Climatic changes in Zailiyskiy AlaTau high-mountainous zone on the example of the Tuyuksu glacier. ....	33
<b>E.I. Kolesnikov</b> To a question of avalanches' forecast under the snowfalls in Malaya Almatinka River basin. ....	39
<b>M.ZH. Burlibayev</b> Flow of suspended sediments as a keyword element of river ecosystem stability. ....	45
<b>M.ZH. Burlibayev, A.A. Volchek, V.V. Luksha</b> Structure of the Byelorussia river flow multiannual variability. ....	55
<b>A.E. Dzhundibayev, V.O. Cheredov</b> Water resources' security of Akmolinskaya oblast, Astana city, suburb and problem. of surface water pollution. ....	67
<b>B.B. Aytymova, G.S. Akhmetova, A. Mamiyrbekova, A. Tursunova</b> Connections' estimation of the hydrological river runoff characteristics with change of the atmospheric circulation types by B.L. Dzerdzeyevskiy. ....	75
<b>E.N. Vilesov, V.I. Morozova</b> Tuyuksu glacier: the results of mapping comparison for 1958 and 1998 years. ....	82

<b>I.N. SHesterova</b>	
Degradation of glaciation estimation of the Chinese part Ili River basin. . . . .	91
<b>K.ZH. Mustafayev</b>	
Natural system stability estimation as the person habitat. . . . .	97
<b>V.G. Sal'nikov, A.N. Litvinenko</b>	
Atmosphere pollution of the Astana city as being due to a territory urbanization. . . . .	111
<b>V.P. Idrisova</b>	
Methodologies and results of the fugitive methane emissions inventory in the coal mining sector of Kazakhstan. . . . .	118
<b>E.D. Nikolayev</b>	
About sustainable development of the Ili-Balkhash basin. . . . .	125
<b>I.B. Kubanov</b>	
To the water use optimization problem of Central Asian region. . . . .	132
<b>A.T. Dzhumagulov, M.B. Tlebayev</b>	
Gypsum manufacture influence estimation to an environment. . . . .	142
<b>D.A. Rustembayeva</b>	
Estimation of radioecological pollution of the territories adjoining to the Azgiyrskiy nuclear and Semipalatinsk testing sites. . . . .	148
<b>T.A. Timofeyeva, I.YU. Pereladov, I.JA. Suleymenov</b>	
Calculation of the water-purifying cycle parameters on the basis of polimeric soap hydrogels' use. . . . .	154
<b>E.T. Temirkulov, G.Z. SHayakhmetov</b>	
The physical and chemical factors of a ceramic industry man's impact. . . . .	161
<b>SH.K. Al'mukhambetova</b>	
Estimation and the ways of environmental pollution prevention by solutions under ores' heap leaching. . . . .	171
<b>M. ZHaraspayev, A.N. Niysangaliyev,</b>	
<b>T.K. Akhmedzhanov, K. Koshanova, E.KH. Ayazbayev</b>	
Atmosphere pollution by gaseous substances under oil and mineral oil evaporation. . . . .	177

**E.KH. Ayazbayev, T.K. Akhmedzhanov,  
SH.K. Al'mukhambetova**

Climatic conditions and environmental pollution features by the  
sulfuric compounds at Tengiz' deposit. . . . . 184

**O.A. Artem'ev**

Problems of the Almatinsky region water objects' monitoring. . . . . 190

## **REVIEWS AND CONSULTATIONS**

**M.ZH. Burlibayev, E.ZH. Murtazin**

About septic condition of the Republic of Kazakhstan environment  
pollution in the second quarter 2003..... 198

УДК 528.88(15), 528.85/.87(15)

**ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АЛЬБЕДО ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Академик НАН РК      У.М. Султангазин  
Канд. геогр. наук      А.Х. Ахмеджанов

*Знание особенностей переноса в атмосфере солнечной радиации, отраженной от земной поверхности, необходимо для повышения эффективности использования данных дистанционного зондирования из космоса. В статье изложен метод вычисления альбедо земной поверхности по данным спутниковой информации.*

Широкое применение современной аэрокосмической технологии в дистанционном зондировании земной поверхности предъявляет всё новые требования к теоретическому описанию переноса излучения земной поверхности до измерительных приборов на платформах спутников. В процессе переноса излучения в атмосфере, помимо прямой солнечной радиации, имеется также рассеянная солнечная радиация, распространяющаяся во всех возможных направлениях. Эта радиация является результатом многократного рассеяния. Теоретические основы решения задачи по определению альбедо земной поверхности с учетом многократного рассеяния излучения были описаны в [2, 4-6].

В настоящей работе представлена численная реализация восстановления альбедо земной поверхности по данным космического зондирования.

Уравнение переноса излучения в атмосфере можно записать в следующем виде:

$$\mu \frac{\partial I}{\partial z} + \sigma I = \frac{\sigma_s}{4\pi} \int_0^1 \int_{-1}^1 g(\mu, \mu', \varphi, \varphi') I(z, \mu', \varphi') d\mu' d\varphi' + \sigma_s g(\mu, \mu_0, \varphi, \varphi_0) E_\lambda e^{-\frac{\tau_\lambda(z)}{\mu}} \quad (1),$$

где  $I(z, \mu, \varphi)$  – интенсивность излучения;  $\mu = \cos\theta$ ,  $\theta$  – угол зондирования ( $\mu > 0$  – соответствует нисходящему потоку,  $\mu < 0$  – восходящему);  $E_\lambda$  – поток солнечной радиации на верхней границе атмосферы;  $g(\mu, \mu', \varphi, \varphi')$  – индикатриса рассеяния;  $\mu_0, \varphi_0$  – направление распространения прямого

солнечного излучения;  $\sigma_s$  – коэффициент рассеяния излучения;  $\tau_\lambda(z)$  – оптическая толщина атмосферы;  $\sigma = \sigma_s + \sigma_n$ ;  $\sigma_n$  – коэффициент поглощения излучения;  $z$  – высота;  $\varphi, \theta$  – угловые координаты.

Полагая, что центр координат находится на верхней границе атмосферы высотой  $z = H$ , можем записать граничные условия в следующем виде:

$$I(0, \mu, \varphi) = 0 \quad \text{при } \mu > 0, \quad (2)$$

$$I(H, \mu, \varphi) = \frac{q}{\pi} \left( \int_0^{2\pi} \int_0^1 I(H, \mu', \varphi') \mu' d\mu' d\varphi' + \mu_0 E_\lambda e^{-\frac{\tau_\lambda(H)}{\mu}} \right) \quad \text{при } \mu < 0, \quad (3)$$

где  $q$  – альбеде земной поверхности,  $H$  – высота атмосферы.

Для решения (1)-(3) необходимо определить возможные значения входящих в эти соотношения параметров. Параметр  $E_\lambda$  является величиной потока солнечной радиации, поступающей на верхнюю границу атмосферы. В [3] дана таблица со значениями монохроматического потока солнечной радиации  $E_\lambda$  (вт/см<sup>2</sup>·мкм) на верхней границе атмосферы при значении солнечной постоянной  $I_0^* = 0,353$  квт/м<sup>2</sup> при длинах волн от 0,18 до 20 мкм., где для заданной длины волны можно определить необходимую величину  $E_\lambda$ .

Одной из важных оптических характеристик атмосферы является оптическая толщина атмосферы, показывающая степень ослабления солнечной радиации при прохождении атмосферы. На практике оптическая толщина экстинкции  $\tau_\lambda$  определяется в виде суммарного по высоте значения, хотя  $\tau_\lambda$  является изменяющейся по высоте функцией. Это проявляется в решении задач переноса излучения. В задаче переноса нисходящего излучения оптическая толщина растет от верхней границы, а для переноса восходящего излучения – от земной поверхности. Общее значение оптической толщины в обоих случаях одно и то же. По экспериментальным данным значение оптической толщины изменяется в пределах от 0,257 до 0,397 при среднем значении 0,350. Нами было принято общее значение оптической толщины  $\tau = 0,3$ .

В общем виде индикатриса рассеяния является функцией угла рассеяния  $\gamma$ :  $g = g(\cos \gamma)$ . Полный коэффициент рассеяния является суммой коэффициентов молекулярного (релеевского) и аэрозольного рассеяния. До высоты 3000 м рассеяние солнечной радиации обусловлено в основном аэрозольным, и только выше этой высоты молекулярная составляющая становится больше аэрозольной. Индикатриса при релеевском рассеянии описывается формулой:

$$g(\gamma) = \frac{3}{4}(1 + \cos^2 \gamma).$$

Угол рассеяния  $\gamma$  связан с углом визирования  $\theta$  и азимутом  $\varphi$  соотношением [1]:

$$\cos \gamma = \cos \theta \cos \theta_0 + \sin \theta \sin \theta_0 \cos \varphi,$$

где  $\theta_0$  – зенитное расстояние Солнца. В условиях «нормальной» атмосферы (давление на уровне земной поверхности равно 760 мм, температура 0 °С) приближенной можно принять формулу по определению коэффициента рассеяния в виде  $\alpha_\lambda = 0,00821 \cdot \lambda^{-4}$ , где  $\lambda$  – длина волны в микронах. Коэффициент рассеяния зависит и от высоты над земной поверхностью. Анализ теоретических и опытных данных позволяет получить среднее значение коэффициентов молекулярного  $i_\lambda$  и аэрозольного  $j_\lambda$  рассеяния света. В [3] дается таблица значений коэффициентов рассеяния в зависимости от высоты. В удовлетворительном согласии с данными натуральных экспериментов эти коэффициенты описываются функциями вида  $i_\lambda(z) = \frac{c}{\lambda^4} \exp(-az)$ ,  $j_\lambda(z) = \frac{b}{\lambda^\beta} \exp(-bz)$ , где  $c$ ,  $\alpha$ ,  $b$ ,  $\beta$  – постоянные. Показатель  $\beta$  зависит от размеров аэрозольных частиц и принимает значения от 0 до 4. Среднее значение  $\beta = 0,9$  может соответствовать слабой и средней замутненности атмосферы.

К ослаблению потока солнечной радиации кроме процесса рассеяния приводит также процесс поглощения некоторой части излучения. В практических расчетах ослабления потоков солнечной радиации, обусловленного поглощением и рассеянием, учитывают суммарно путем введения общего коэффициента ослабления. Для определения этого коэффициента наиболее характерным является величина оптической толщины атмосферы при определенной длине волны. Этот параметр определяется следующим интегралом:

$$\tau_\lambda(z) = \int_0^z \rho \sigma dt,$$

где  $\rho = \rho(z)$  – плотность атмосферы,  $\sigma$  – массовый коэффициент ослабления. Плотность атмосферы может быть вычислена согласно следующему соотношению:

$$\rho(z) = \rho_0 \exp\left(-\frac{gz}{R_c T_0}\right),$$

где  $\rho_0$  – значение плотности воздуха на уровне земной поверхности;  $g$  – ускорение свободного падения;  $R_c$  – газовая постоянная;  $T$  – температура. Для настоящей задачи может быть взят стандартный профиль температуры. Полагая, что оптическая толщина по высоте зависит только от плотности можно предположить коэффициент ослабления постоянной величиной, тогда будем иметь

$$\tau_\lambda(z) = \sigma \sum_{i=1}^n \rho(z_i).$$

Для решения задачи (1)-(3) искомую величину  $I(z, \mu, \varphi)$  представим в виде

$$I = I^{(0)} + \Phi.$$

Тогда задача (1)-(3) разделится на две части. Первая будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \mu \frac{\partial I^{(0)}}{\partial z} + \sigma I^{(0)} = \frac{\sigma_S}{4\pi} \left[ \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 g(\mu, \mu', \varphi, \varphi') I^{(0)}(z, \mu', \varphi') d\mu' d\varphi' + \right. \\ \left. + \sigma_S g(\mu, \varphi) E_\lambda e^{-\frac{\tau(z)}{\mu}} \right] \end{aligned} \quad (4)$$

с граничными условиями

$$I^{(0)}(0, \mu, \varphi) = 0 \quad \text{при } \mu > 0, \quad (5)$$

$$I^{(0)}(H, \mu, \varphi) = 0 \quad \text{при } \mu < 0. \quad (6)$$

Вторая задача запишется в виде:

$$\mu \frac{\partial \Phi}{\partial z} + \sigma \Phi = \frac{\sigma_S}{4\pi} \left[ \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 g(\mu, \mu', \varphi, \varphi') \Phi d\mu' d\varphi' \right] \quad (7)$$

при граничных условиях

$$\Phi(0, \mu, \varphi) = 0 \quad \text{при } \mu > 0 \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \Phi|_{z=H} = \frac{q}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 \Phi(H, \mu', \varphi') \mu' d\mu' d\varphi' + \\ + q\mu_0 E_\lambda e^{-\frac{\tau(H)}{\mu}} + \frac{q}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 I^{(0)}(H, \mu', \varphi') \mu' d\mu' d\varphi' \end{aligned} \quad \text{при } \mu < 0. \quad (9)$$

Если функцию  $\Phi(z, \mu, \varphi)$  представить в виде следующего выражения

$$\Phi(z, \mu, \varphi) = A\psi(z, \mu, \varphi), \quad (10)$$

То задача (7)-(9) переписется в следующем виде:

$$\mu \frac{\partial \psi}{\partial z} + \sigma \psi = \frac{\sigma_S}{4\pi} \left[ \int_0^{2\pi} \int_{-l}^l g(\mu, \mu', \varphi, \varphi') \psi(z, \mu', \varphi') d\mu' d\varphi' \right] \quad (11)$$

$$\psi(0, \mu, \varphi) = 0 \quad \text{при } \mu > 0 \quad (12)$$

$$\psi(H, \mu, \varphi) = I \quad \text{при } \mu < 0 \quad (13)$$

Общее решение задачи (1)-(3) можно (4) записать в следующем виде:

$$I(z, \mu, \varphi) = I^{(0)}(z, \mu, \varphi) + A\psi(z, \mu, \varphi), \quad (14)$$

где

$$A = \frac{q}{\pi} \frac{\mu_0 E_\lambda e^{-\frac{\tau(H)}{\mu_0}} + \int_0^{2\pi} \int_0^l I^{(0)}(H, \mu', \varphi') \mu' d\mu' d\varphi'}{1 - \frac{q}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^l \psi(H, \mu', \varphi') \mu' d\mu' d\varphi'}$$

Из (14) альbedo  $q$  определяется следующим образом:

$$q = \frac{\pi(I^* - I^{(0)})}{\psi \mu_0 E_\lambda e^{-\frac{\tau(H)}{\mu_0}} + \int_0^{2\pi} \int_0^l I^{(0)} \mu d\mu d\varphi + (I^* - I^{(0)}) \int_0^{2\pi} \int_0^l \psi \mu d\mu d\varphi}. \quad (15)$$

Если значение интенсивности  $I^*$  фиксируется на космическом аппарате, то используя выражение (15) можно вычислить значение альbedo земной поверхности, предварительно решив задачи (4)-(6) и (11)-(13).

Рассмотрим решение задачи (4)-(6). Уравнение (4) представим в виде конечно-разностной схемы с направленными разностями, а двойной интеграл в правой части уравнения в виде двойного ряда с использованием метода Симпсона для вычисления определенных интегралов.

$$\mu \frac{I_{i,j,k} - I_{i,j,k-l}}{dz} + \sigma I_{i,j,k} = \frac{\sigma_S}{2\pi} F I_{i,j,k} + F_{i,j,k} \quad \mu > 0, \quad (16)$$

$$\mu \frac{I_{i,j,k+1} - I_{i,j,k}}{dz} + \sigma I_{i,j,k} = \frac{\sigma_S}{2\pi} F I_{i,j,k} + F_{i,j,k} \quad \mu < 0, \quad (17)$$

где

$$F_{i,j,k} = \pi g_{i,j} E_\lambda e^{-\frac{\tau \lambda}{\mu} i} \quad \mu > 0$$

$$F_{i,j,k} = \pi g_{i,j} E_\lambda e^{\frac{\tau \lambda}{\mu} l} \quad \mu < 0$$

$$FI_{i,j,k} = \frac{2\pi}{M \cdot N} \left( \begin{aligned} & \sum_{m=1}^M g_{i,j,l,m} I_{l,m,k} + \sum_{m=1}^M g_{i,j,N,m} I_{N,m,k} + \\ & + 2 \sum_{n=2}^{N-1} g_{i,j,n,l} I_{n,l,k} + 2 \sum_{n=2}^{N-1} g_{i,j,n,M} I_{n,M,k} + 4 \sum_{m=2}^{M-1} \sum_{n=2}^{N-1} g_{i,j,n,m} I_{m,n,k} \end{aligned} \right)$$

Итерационный алгоритм по определению искомой функции  $I_{i,j,k}$  может быть записан в виде:

$$I_{i,j,k}^{n+1} = \left( \mu_i I_{i,j,k-1}^{n+1} + dz \frac{\sigma_S}{2\pi} FI_{i,j,k}(I^n) + F_{i,j,k} dz \right) / (\mu_i + \sigma dz), \mu > 0, \quad (18)$$

$$I_{i,j,k}^{n+1} = \left( -\mu_i I_{i,j,k+1}^{n+1} + \frac{\sigma_S}{2\pi} dz FI_{i,j,k}(I^n) + F_{i,j,k} dz \right) / (\sigma dz - \mu_i), \mu < 0. \quad (19)$$

Задачу (11)-(13) в конечных разностях можно переписать как и в задаче (4)-(6), тогда итерационный алгоритм запишется в виде:

$$\Psi_{i,j,k}^{(n+1)} = \left( \mu_i \Psi_{i,j,k-1}^{(n+1)} + \frac{\sigma_S dz}{2\pi} FI_{i,j,k}(\Psi^n) \right) / (\mu_i + \sigma dz), \mu > 0, \quad (20)$$

$$\Phi_{i,j,k}^{(n+1)} = \left( -\mu_i \Phi_{i,j,k+1}^{(n+1)} + \frac{\sigma_S dz}{2\pi} FI_{i,j,k}(\Psi^n) \right) / (\sigma dz - \mu_i), \mu < 0. \quad (21)$$

На первом этапе задача решается для  $\mu < 0$  с граничным условием (13). Определение  $\Phi_{i,j,k}$  для  $z = 0$  при  $\mu > 0$  сформирует правую часть уравнения (11) для второй части этой задачи при  $\mu > 0$ .

Согласно (14)-(15) были определены значения альbedo при некотором фиксированном значении  $E_\lambda = 0,194$  вт/(см<sup>2</sup> мкм), соответствующей длине волны  $\lambda = 0,5$  мкм. На рис. 1 представлены графики зависимости значения измеряемого на спутнике монохроматического потока излучения от значений альbedo земной поверхности в случае многократного рассеяния излучения в атмосфере. На этом рис. наблюдается нелинейный характер рассматриваемой зависимости.

Для сравнения рассмотрим задачу однократного рассеяния излучения в атмосфере. Решение задачи по определению альbedo земной поверхности в видимой части спектра при условии однократного отражения в атмосфере можем записать в следующем виде:

$$J^\uparrow_\lambda = \frac{q_\lambda}{\pi} \left[ E_{\lambda 0} \cos \theta_0 e^{-\tau \lambda \sec \theta} + D^\downarrow_\lambda(0) \right] + \frac{E_{\lambda 0}}{\cos \theta} e^{-\tau \lambda \sec \theta} \int_0^\tau e^{-(\tau - t) \lambda \sec \theta} dt \quad (22)$$

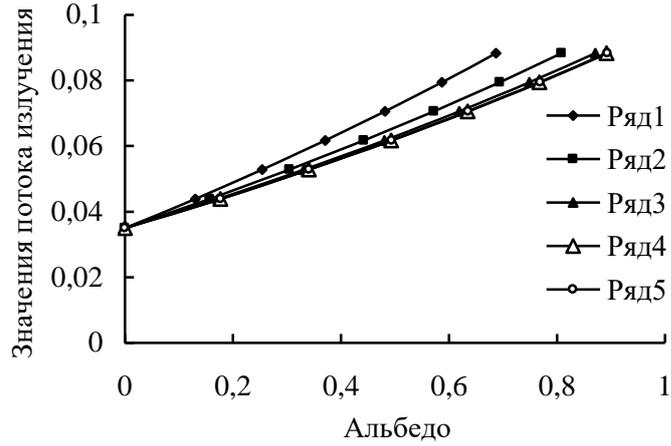


Рис 1. Зависимость значения измеряемого потока излучения (в  $\text{см}^2 \cdot \text{мкм}^{-1}$ ) от величины альbedo земной поверхности при многократном рассеянии (Ряды 1-5 соответствуют  $\cos \theta_i = -1 + (i - 1) / 4$  при  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ).

Из (22) можно определить альbedo земной поверхности при условии однократного рассеяния

$$q_{\lambda} = \pi \frac{J_{\lambda}^{\uparrow} - \frac{E_{\lambda}}{\cos \theta} e^{-\tau_{\lambda} \sec \theta} \int_0^{\tau_{\lambda} \Pi} e^{-(\tau^n \lambda^{-t}) \sec \theta} dt}{E_{\lambda} \cos \theta_0 e^{-\tau \Pi \lambda \sec \theta} + D_{\lambda}^{\downarrow}(0)}, \quad (23)$$

$$D_{\lambda}^{\downarrow}(0) = \int_0^{2\pi} d\psi' \int_0^{\pi/2} J_{\lambda}^{\downarrow}(0, \vartheta, \psi') \cos \vartheta' \sin \vartheta' d\vartheta', \quad (24)$$

$$J_{\lambda}^{\downarrow} = \frac{E_{\lambda} \sec \vartheta}{\sec \vartheta_0 - \sec \vartheta} \left( e^{-(\tau \frac{\Pi}{\lambda} - \tau \lambda)^{\sec \vartheta}} - e^{-(\tau \frac{\Pi}{\lambda} - \tau \lambda)^{\sec \vartheta_0}} \right). \quad (25)$$

На рис. 2 представлены результаты расчета альbedo в случае однократного рассеяния излучения в атмосфере. Эта зависимость является линейной.

Для успешного решения задачи по определению альbedo земной поверхности необходимо выбрать спектральный диапазон, чтобы искажения, вносимые атмосферой в космические изображения, были минимальны. В последнее время на спутниках устанавливаются сканирующие системы, способные вести измерения в достаточно широкой полосе обзора с целью построения карт земной поверхности большого масштаба. В этом

случае измерения будут вестись под различными углами. Поэтому необходимо учитывать влияние углов визирования и азимута на альbedo земной поверхности при определенных направлениях распространения солнечной радиации.

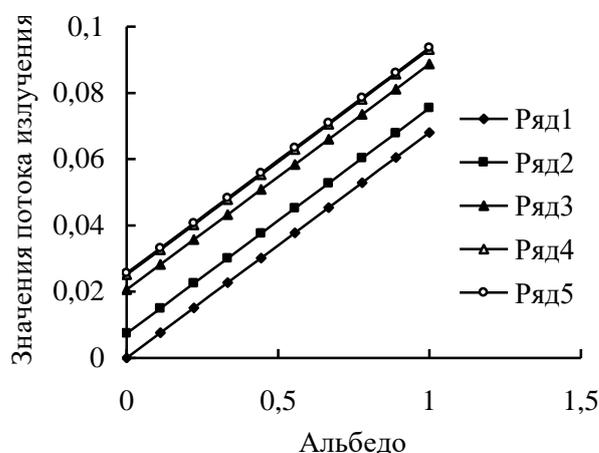


Рис 2. Зависимость значения измеряемого потока излучения ( $вт \cdot см^2 \cdot мкм^{-1}$ ) от величины альbedo земной поверхности при однократном рассеянии (Ряды 1-5 соответствуют  $\cos \theta_i = -1 + (i - 1) / 4$  при  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьев К.Я. Лучистая энергия Солнца – Л.: Гидрометиздат, 1954
2. Кузнецов Е.С. Избранные научные труды (под ред. Сушкевич Т.А.) - М., Физматгиз, 2003, 784с.
3. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы – Л.: Гидрометиздат, 1976 – 477с.
4. Султангазин У.М. Математические проблемы построения алгоритмов атмосферной коррекции в дистанционном зондировании // Вестник Кыр. Гос. Ун-та, сер. 3, вып. 5, 2001, С. 15-26
5. Сушкевич Т.А. О теории оптического передаточного оператора системы: «Атмосфера – земная поверхность», Москва, 1999, Институт прикладной математики им. М.В. Келдышева, РАН, препринт, 20 с.
6. Sultangazin U.M. Mathematical problems connected with construction of algorithms for atmosphere correction in remote sensing. Journal of Inverse and ILL-Posed Problems. The Netherlands, Vol. 9, № 6, 2001, pp. 655-668.

Институт космических исследований

**ҒАРЫШТЫҚ БАРЛАУ МӘЛІМЕТТЕРІ БОЙЫНША ЖЕРДІҢ ҮСТІҢГІ  
ҚАБАТЫНЫҢ АЛЬБЕДОСЫН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУДІҢ БІР ӘДІСІ  
ЖАЙЫНДА**

ҚР ҰҒА академигі                      У.М. Сұлтағазин  
Геогр. ғылымд. канд.                  А.Х. Ахмеджанов

*Жер бетінен шағылысқан күн радиациясының атмосферадағы тасымалдану ерекшеліктерін білу ғарыштан қашықтықтан жасалған барлаудың мәліметтерін пайдаланудың тиімділігін арттыру үшін қажет. Мақалада серіктік ақпарат мәліметтері бойынша жердің үстіңгі қабатының альбедосын есептеп шығару әдісі суреттелген.*

УДК 551.501.534(574)

**ОЗОНовый СЛОЙ И МОНРЕАЛЬСКИЙ ПРОТОКОЛ**

В.П. Крюкова

*Описывается состояние проблемы разрушения озонового слоя и действующих международных оглашений об охране озонового слоя, а также меры, принимаемые в рамках выполнения обязательств по этим международным соглашениям.*

Одной из самых актуальных проблем последней четверти 20 века стала проблема истощения стратосферного озона. Озоновый слой Земли оказывает немаловажное влияние на свойство средней атмосферы и обеспечивает условия существования флоры и фауны на поверхности Земли. Эти особенности озоносферы обусловлены физико-химическими свойствами озона, такими как: поглощение биологически активного солнечного излучения, инфракрасного излучения от поверхности Земли. Озон является сильнейшим окислителем и способен при непосредственном контакте отравлять флору и фауну, которые он защищает в качестве стратосферного озонового слоя. Приблизительно 90 % атмосферного озона находится в стратосфере в слое от 15 км до 65 км. Максимальное содержание озона отмечается на высотах от 19 км до 23 км над поверхностью земли.

Первая фотохимическая теория образования озонового слоя предложена английским геофизиком С. Чепменом в тридцатых годах (1930...1931 гг.). Основные положения теории заключаются в том, что при воздействии кванта света солнечного ультрафиолетового излучения происходит разложение молекулы кислорода на два атома, которые в свою очередь соединяются с молекулой кислорода и образуют трехатомную молекулу озона. Поскольку в молекуле озона химические связи ослаблены, то она легко разрушается солнечным светом в видимой области спектра с образованием молекулы и атома кислорода. Молекула озона при этом исчезает на непродолжительное время, т.к. через доли секунды атом кислорода присоединяется к молекуле кислорода, вновь образуя молекулу озона. Процесс фотодиссоциации озона на атом и молекулу кислорода не рассматривается как процесс разрушения стратосферного озона. Его разрушение происходит, когда в результате реакций образуются две молекулы кислорода,

которые сохраняются в средней атмосфере продолжительный период (более 100 лет) и до тех пор, пока не произойдет их фотодиссоциация на два атома кислорода и далее образование молекулы озона. Процессы образования молекулы озона и атома кислорода происходят в атмосфере многократно (более чем 10 000 раз). Этот механизм показывает, что без солнечного света озон не разрушается. Поэтому образовавшийся за день озон сохраняется ночью, а в высоких широтах, где света мало, озона во все сезоны больше, чем в тропиках.

Теория С. Чепмена в неизменном виде просуществовала более 30 лет. Однако по мере накопления глобальных данных о содержании озона, данных ракетных и спутниковых измерений, становилось ясно, что озона в атмосфере меньше, чем это следует из теории С. Чепмена. Начались поиски дополнительных источников гибели озона. Эти поиски привели к открытию источников, ускоряющих процесс разрушения стратосферного озона, и позволили согласовать теорию с данными наблюдений. Научные исследования дали возможность выявить связь между ускорением процесса гибели стратосферного озона и антропогенными факторами [1]. В начале 70-х годов 20 века на основе анализа информации глобальной системы наблюдений за озоном и специализированных спутников был обнаружен эффект «озоновых дыр» - уменьшение содержания озона в результате производственной деятельности человека. Были выявлены два потенциальных источника воздействия на этот слой - выбросы окиси азота в стратосферу при полётах сверхзвуковых самолетов и химические вещества, используемые в холодильниках и аэрозольных упаковках. В 1974 г. американские химики М. Молина и Ф. Роланд показали, что химические вещества, известные как хлорфторуглероды, инертные у земной поверхности, переносятся в результате конвективных движений в стратосферу, и, поглощая там фотоны солнечного света, становятся химически активными, выделяя свободный хлор. Высвобожденный в результате фотохимических реакций хлор, каталитически отщепляет один атом кислорода от молекулы озона, превращая его в кислород. Дальнейшими исследованиями было установлено, что и бром, используемый в некоторых огнетушителях, может оказывать еще более сильное воздействие на разрушение озонового слоя. Хлорфторуглероды и галоидированные углеводороды могут накапливаться, не разрушаясь в атмосфере более 100 лет и угрожать озоновому слою еще очень долго после того, как были выброшены в атмосферу.

Наиболее ярким проявлением антропогенного воздействия на озоновый слой Земли стало обнаружение в 1985 г. антарктической весенней озоновой дыры. Это открытие явилось полной неожиданностью, поскольку озоновую дыру нашли в «мертвой зоне», где озон мог только сохраняться и накапливаться. Наблюдения и исследования этого явления позволили установить, что оно стало следствием накопления в атмосфере озоноразрушающих веществ в метеорологических условиях, характерных для Антарктики в этот период.

Механизм образования антарктической весенней «озоновой дыры» заключается в следующем. В зимний период над Антарктикой в стратосфере формируется околполярный вихрь, который препятствует активному обмену с воздухом из средних широт. Это явление приводит к установлению здесь очень низких температур (ниже  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), что способствует возникновению полярных стратосферных облаков, состоящих из ледяных частиц. Частицы льда притягивают к себе водяной пар и поглощают соединения азота, затем опускаются вместе с ними в более низкие слои атмосферы, обезвоживая и лишая воздух в стратосфере соединений азота. На поверхности этих частиц протекают реакции, следствием которых становится образование малоустойчивых соединений хлора и брома. Эти процессы продолжаются в течение всей зимы, в результате чего в полярном вихре накапливаются значительное количество малоустойчивых хлорных и бромистых соединений. С возвращением солнечных лучей ранней весной эти соединения-хранилища преобразуются в активные виды хлора и брома на поверхности полярных стратосферных облаков. Эти вещества могут с поразительной эффективностью разрушать молекулы озона. Поскольку вихрь еще существует и никакого обмена с соседними, богатыми озоном областями стратосферы нет, то содержание озона быстро уменьшается и внутри вихря он полностью уничтожается. Далее происходит повышение температуры воздуха, ослабление вихря и распространение остатков озоновой дыры по Южному полушарию.

Так в октябре 1987 г. концентрации озона над Антарктикой понизились до половины нормы (за 1957...1978 гг.) и над этим районом образовалась «озоновая дыра» размером с Европу. Наблюдения за озоном над Антарктикой позволили зарегистрировать одну из самых больших «озоновых дыр» площадью в 24 млн км<sup>2</sup>.

Наблюдения и исследования, проводимые в северных широтах, позволили установить, что в зимний и весенний период стратосфера над Арктикой имеет нарушенный химический состав с высокими концентрациями соединений хлора и брома, который создает проблемы над Антарктидой. Однако разрушение озона над Арктикой не происходит столь же активно, как над Антарктикой, по двум причинам: температуры стратосферы редко опускаются ниже  $-80^{\circ}\text{C}$  и существующего интенсивного обмена между воздушными массами над средними широтами. Арктический полярный вихрь обычно рассеивается в конце зимы *прежде*, чем появившийся солнечный свет может вызвать крупномасштабное разрушение озона. Наибольшие изменения содержания озона в зимний сезон над северным полушарием наблюдались в 1992...1993 гг. и в 1995 г. и в эти же годы зарегистрировано содержания озона на 9...20 % ниже нормы. Естественная долгосрочная изменчивость является наибольшей в период между декабрем и мартом. В этот период отклонение от нормы составляет примерно 30 %.

Над Казахстаном наблюдения за общим содержанием озона (ОСО) ведутся с 1973...1975 гг. на пяти метеорологических станциях. По данным КазНИИ-МОСК, отклонения общего содержания озона от нормы составляют 5...7 % [2]. В отдельные дни могут наблюдаться и более низкие значения и этим дням соответствует наибольшие значения ультрафиолетовой радиации. Среднее годовое значение суммарного озона составляет 343 м атм-см. Распределение годовых норм над Казахстаном имеет широтный характер, с постепенным ростом значений с юга на север. Самые низкие значения наблюдаются на юге Казахстана (Алматы и Аральское Море, 339 матм-см), наиболее высокие (350 матм-см) соответствует пункту Семипалатинск. Достаточно четко выражены и сезонные изменения. Пониженные значения ОСО (310...305 матм-см) наблюдаются с ноября по декабрь, максимальные значения (385...387 матм-см) в феврале - марте. Повышенная циклоническая деятельность в зимний и весенний периоды приводит к увеличению естественной изменчивости суммарного озона (13,9 матм-см) по сравнению с летне-осенним периодом (9,2...12,3 матм-см), что согласуется с особенностями глобальной изменчивости ОСО. В среднем суммарное уменьшение озона осенью и зимой составляет 10 %, весной-летом – 5 %, что приводит к значительному увеличению притока ультрафиолетовой биологически активной радиации к поверхности Земли.

Угроза глобального истощения озонового слоя вызвала необычайно высокий подъем исследований проблемы во всем мире. В результате было

установлено, что причиной истощения озонового слоя в последней четверти 20 века стала эмиссия в атмосферу антропогенных хлорфторуглеродов [3]. В 1981 г. Советом управляющих ЮНЕП была учреждена Специальная рабочая группа экспертов по правовым и техническим вопросам для разработки глобального рамочного документа об охране озонового слоя. Через 4 года напряженной работы и трудных переговоров в 1985 году была принята Венская конвенция об охране озонового слоя, которая вступила в силу 22 сентября 1988 года. В ней закреплены обязательства по сотрудничеству в области научных исследований, мониторинга озона; обмену информацией; по производству и выбросам хлорфторуглеродов; принятию протоколов, содержащих меры регулирования озоноразрушающих веществ (ОРВ).

Спустя два года после принятия Венской конвенции об охране озонового слоя в сентябре 1987 года был принят Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой [4]. Протокол вступил в силу в 1989 году. В основе Монреальского протокола лежат меры регулирования, которые распространяются на производство и потребление, необходимых в коммерческом и экологическом отношении озоноразрушающих веществ. Основные положения Монреальского протокола содержатся в следующих статьях:

- Статья 2: Меры регулирования.
- Статья 4: Контроль торговли ОРВ.
- Статья 5: Специальный статус развивающихся стран.
- Статья 7. Отчетность.
- Статья 8: Несоблюдение.
- Статья 10: Финансовые механизмы.

В последующие годы после принятия Венской конвенции появилось еще больше доказательств о вредных воздействиях хлористых и бромистых соединений. Наблюдения подтвердили увеличение опасности для озонового слоя и Стороны Монреальского протокола приняли решение усилить его требования и включить в него новые вещества. Они утвердили соответствующие дополнения и поправки к Протоколу (Лондон – 1990 г., Копенгаген – 1992 г., Монреаль – 1997 г. и Пекин – 1999 г.). Лондонская поправка, принятая на втором совещании Сторон протокола в 1990 г., включила контроль над десятью другими полностью галогенированными ХФУ, карбонтетрахлоридом и метилхлороформом. Кроме того, она включила по-

ложения по переходу на озонобезопасные технологии и финансовый механизм. Лондонская поправка вступила в силу в 1992 г. На четвертом совещании Сторон Протокола (1992 г.) была принята Копенгагенская поправка, которая вступила в силу в 1994 г. В ней были определены меры регулирования дополнительного списка гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) и гидробромфторуглероды (ГБФУ) (большинство из них коммерческого применения не имеют), а также бромистый метил. Кроме того, поправкой вводятся сроки исключения для ГХФУ и ГБФУ. Принятая в 1997 году на девятом совещании, Монреальская поправка включает требования к установлению систем лицензирования импорта и экспорта ОРВ. Поправкой введен торговый запрет на импорт и экспорт метилбромида странам, не являющимся Сторонами Копенгагенской поправки. Пекинская поправка к Монреальскому протоколу (1999 г.) включает контроль производства ГХФУ. Кроме того, в перечень регулируемых веществ, включено новое контролируемое вещество - бромхлорметан. Срок исключения его - 1 января 2002 г. для всех Сторон.

К июлю 2003 года в общей сложности 185 стран ратифицировали Венскую конвенцию; Монреальский протокол – 184; 166 государств ратифицировали Лондонскую поправку, 151 – Копенгагенскую поправку, 102 – Монреальскую поправку, 50 – Пекинскую поправку.

По данным исследований, без принятия мер по Монреальскому протоколу к 2050 г. разрушение озонового слоя достигло бы не менее 50 % в средних широтах северного полушария и 70 % в средних широтах южного полушария, это приблизительно в 10 раз хуже текущего состояния [6]. В результате чего интенсивность ультрафиолетовой радиации, достигающей поверхности, усилится вдвое в средних широтах северного полушария и в четыре раза в южном полушарии. Число озоноразрушающих химических веществ в атмосфере увеличилось бы в пять раз. Последствия этого были бы ужасны: на 19 миллионов больше случаев заболеваний немеланомным раком, 1,5 миллионов случаев заболевания меланомным раком и на 130 млн больше число случаев заболеваний катаракты глаз.

В 1986 г. общее потребление ХФУ во всем мире составляло 1,1 млн тонн ОРС, к 2001 г. объем потребления этих веществ упал до 110 т. Подсчитано, что без принятия мер по Монреальскому протоколу глобальное потребление ХФУ достигло бы 3 млн т к 2010 г. или к 2060 г. - 8 млн т, в результате чего, разрушение озонового слоя достигло бы 50 %. В 1986 г. ос-

новой объем этих веществ или 0,9 млн т использовался развитыми странами, однако к 2001 г. эти страны уже использовали 7,0 млн т. Развивающиеся страны сократили потребление ХФУ примерно на 15 % с 1986 г. к 2001 г.

Казахстан присоединился к Венской конвенции и Монреальскому протоколу в 1998 г. В 2001 г. стал Стороной Лондонской поправки. Став Стороной Конвенции и Протокола, Казахстан согласился с необходимостью постепенного сокращения использования ОРВ, а также с их заменой веществами, имеющими меньшую озоноразрушающую способность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Божков Р. Изменяющийся озоновый слой – ВМО и ЮНЕП 1995. – 32 с.
2. Исследовать роль естественных и антропогенных факторов в изменении состояния озоносферы над Казахстаном и оценить реальные возможности выполнения международных обязательств по защите озонового слоя: Отчет о НИР/ КазНИИМОСК Агенства по гидрометеорологии и мониторингу природной среды - № ГР 0196РК00897 – Алматы, 1997. – 155 с. Отв. Исполнитель И.Б. Есеркепова.
3. Меры по охране озонового слоя – ЮНЕП, Секретариат по озону, 1996. – 19 с.
4. Руководство по международным договорам в области охраны озонового слоя – Секретариат по озону, ЮНЕП, 2000. – 432 с.
5. Руководство по представлению данных в рамках Монреальского протокола – ЮНЕП, Многосторонний Фонд для осуществления Монреальского протокола, 1999. – 114 с.
6. Basic Facts and Data on the Science and Politics of Ozone Protection, Ozone Secretariat, 2003. – 14 p.

Координационный центр по изменению климата

#### ОЗОН ҚАБАТЫ ЖӘНЕ МОНРЕАЛЬ ХАТТАМАСЫ

В.П. Крюкова

*Озон қабатының бұзылу мәселелері мен озон қабатын қорғау туралы қолданыстағы халықаралық келісімдердің жағдайы, сонымен қатар сол халықаралық келісімдер бойынша алынған міндеттемелердің орындалу шеңберінде қолданып отырған шаралар суреттелген.*

УДК 551.506.2:551.506.51(574)

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ ПРОГНОЗА  
НЕПЕРИОДИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ВОДЫ  
КАСПИЙСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ  
ВОДНОГО БАЛАНСА**

Канд. геогр. наук Н.И. Ивкина

Т.П. Строева

*В статье рассмотрены вопросы, связанные с исследованием влияния основных элементов водного баланса на уровенную поверхность Каспийского моря. Приведены конкретные примеры результатов моделирования.*

Расчет и прогноз высоты непериодических колебаний уровня Каспийского моря является проблемой, без решения которой невозможно разрабатывать планы по стратегии в непредвиденных обстоятельствах в случаях затопления побережья. Поэтому в отделе проблем Каспия была создана оперативная система для прогнозирования штормовых нагонов, обусловленных ветровым воздействием, которая используется для гражданского предупреждения. В технологическом отношении система включает двумерный гидродинамический модуль MIKE 21, разработанный в Датском гидравлическом институте (ДГИ). Реализация этого модуля изложена в работах [4...6]. Результаты тестирования разработанной системы прогнозирования штормового нагона свидетельствуют о ее пригодности для оперативного использования [2]. Тем не менее, возможности модели позволяют улучшить качество расчета уровня воды посредством учета ежегодных колебаний уровня воды и сезонной специфики. Целью данного исследования было показать влияние элементов водного баланса (речной приток и видимое испарение) на точность расчета уровня воды Каспийского моря.

Годовые и межгодовые, сезонные и месячные колебания уровня Каспийского моря, как и любого замкнутого водоема, обусловлены непостоянством соотношения между приходными и расходными составляющими водного баланса, на которые накладываются величины деформационного изменения уровня моря. Анализ причин колебаний уровня моря показывает, что они определяются, главным образом, материковым сто-

ком, осадками, выпадающими на поверхность моря, и подземным притоком (приходная часть), испарением и стоком воды в залив Кара-Богаз-Гол (расходная часть). В табл. 1 приведен среднемноголетний водный баланс Каспийского моря по данным Б. Д. Зайкова [1].

Как следует из этой таблицы наибольшее влияние на колебание уровня оказывают следующие элементы водного баланса: поверхностный приток, испарение и осадки. Недоучет этих характеристик при прогнозировании уровня моря может привести к существенным ошибкам. Поэтому, одной из основных задач по модернизации схемы прогноза непериодических колебаний уровня воды, стала задача по определению и вводу в модель значений основных характеристик водного баланса.

Таблица 1

Среднемноголетний водный баланс Каспийского моря

Приход воды	Слой		Расход воды	Слой	
	в мм	в км <sup>3</sup>		в мм	в км <sup>3</sup>
Осадки на водную поверхность	177	71,1	Испарение с водной поверхности	978	392,3
Поверхностный приток	808	324,2	Сток в залив Кара-Богаз-Гол	21	22,2
Подземный приток	14	5,5			
Итого:	999	400,8	Итого:	999	400,8

Площадь бассейна Каспийского моря составляет 3,5 млн км<sup>2</sup>. Характер ландшафтов, климатические условия и тип рек, впадающих в море, весьма различны. Несмотря на обширность бассейна, только около 62,6 % его площади приходится на сточные области, около 26,1 % - на бессточные, а площадь самого Каспийского моря составляет 11,3 %.

Наиболее крупными реками бассейна Каспийского моря являются реки Волга, Урал, Кура, Терек, Самур и Сулак. Их сток оказывает влияние на колебание уровня воды Каспийского моря, поэтому он был включен в расчеты в качестве одного из основных элементов тестирования модели.

Около 88 % всего стока в Каспийское море поступает с северной части его бассейна, в пределах которой находятся реки Волга и Урал. Основной объем стока в море приносит Волга - до 85 %, на остальные реки бассейна приходится 15 % стока (рис. 1). Расходы воды р. Волга измеряются в с. Верхнее Лебяжье, где располагается основной гидропост, по ко-

торому проводят расчеты стока в море. Этот пост удален от вершины устьевой области на 4 км, а от морского края дельты на 150...160 км.

Замыкающий гидроствор на р. Урал до 1972 г. был расположен в с. Тополи в 200 км от морского края дельты на входе в устьевую область, затем перенесен в с. Махамбет, находящийся в 145 км от морского края дельты. Площадь водосбора р. Урал у с. Махамбет равна 235 тыс. км<sup>2</sup>.

Сток р. Терек, отличающийся большими естественными колебаниями, за последние годы существенно изменился. До 1973 г. сток р. Терек поступал в Кизлярский залив Северного Каспия через узкий пролив, с 1973 г. — непосредственно в Средний Каспий через искусственную прорезь Аграханского полуострова. В настоящее время р. Терек, расходы которой измеряются в створе ст. Каргалинской, впадает в море общим рукавом на открытом побережье.

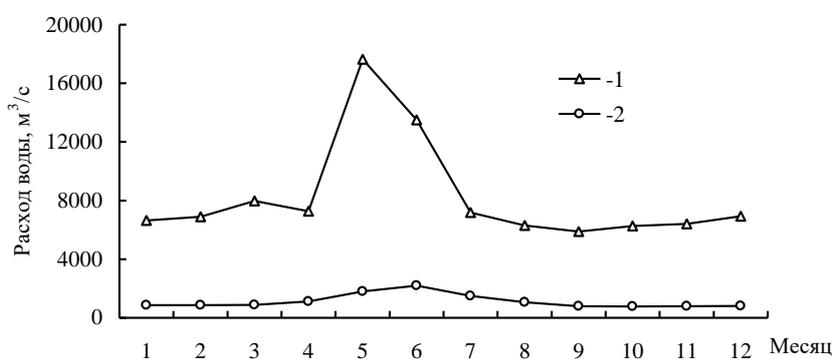


Рис. 1. Сопоставление расходов воды р. Волги и остальных рек, впадающих в Каспийское море. 1 – р. Волга, 2 – остальные реки бассейна.

Река Сулак впадает в море, образуя однорукавное русло. Замыкающий гидроствор расположен в 123 км от устья в поселке Миатлы. В 1957 г. река ниже поселка Главный Сулак была направлена по искусственной прорези на юго-восток. Измерение расходов р. Самур проводится по гидроствору в с. Усух.

Река Кура впадает в море двумя рукавами: юго-восточным, по которому в море поступает около 95 % стока, и северо-восточным. Расход воды измеряется на гидростворе в пос. Сальяны, находящемся на расстоянии 78 км от вершины устьевой области и 85 км от морского края дельты [3].

Внутригодовое распределение общего поверхностного притока в море, несмотря на различие физико-географических условий речных бас-

сейнов и особенностям годового хода стока отдельных рек, почти полностью соответствует внутригодовому распределению стока Волги. В сезонном ходе волжского стока выделяется максимум в мае — июне, в период прохождения пика половодья. В это время в море ежемесячно поступает от 13 до 26 % годового объема стока. Меньше всего воды р. Волга приносит в море в зимние месяцы (декабрь — февраль).

Для ввода в модель значений речного притока был рассчитан средний приток воды за последние десять лет и определены модельные координаты пяти, так называемых, источников. В связи с тем, что бассейны рек Терек и Самур располагаются недалеко друг от друга, то их приток был объединен при экспериментах в один источник. Безусловно, что для получения более точной оценки притока, необходимы данные фактического притока и прогноза притока на ежедневной основе. Однако, на практике получить такие данные для Каспийского моря не представляется возможным. Поэтому были проведены исследования и установлены ряды многолетнего речного притока основных рек в Каспийское море, при выполнении условия, чтобы временное разрешение хронологических рядов было не менее одного месяца (табл. 2).

Таблица 2

Среднемесячный приток рек в Каспийское море, м<sup>3</sup>/с

Месяц	Река				
	Волга	Урал	Кура	Сулак	Терек + Самур
Январь	6350	224	448	149	299
Февраль	6060	214	427	142	285
Март	7340	259	518	173	346
Апрель	13200	465	929	310	620
Май	22160	782	1560	521	1040
Июнь	11500	407	813	271	542
Июль	7800	276	553	184	369
Август	6610	233	467	156	311
Сентябрь	6070	214	429	143	286
Октябрь	6650	235	469	156	313
Ноябрь	6750	238	476	159	318
Декабрь	6590	233	465	155	310

Выполненные расчеты показали, что ввод величины притока рек в модель существенно поднимает уровенную поверхность моря, составляя в среднем 40 % (рис. 2). Совершенно очевидно, что ввод в модель только характеристик речного притока приведет к искажению водного уровня.

Поэтому следующей задачей по улучшению качества расчетов (прогнозов) стал ввод в модель рассчитанных величин «видимого» испарения (осадки за вычетом испарения) с поверхности Каспийского моря. Поскольку модель штормового нагона не предназначена для моделирования элементов водного баланса, временные ряды испарения и осадков рассчитаны по модели водного баланса, разработанной Робинот Вардлоу (Robin Wardlow, 2000) [7, 8]. Месячные суммы осадков на поверхность моря вычислялись на основе архива данных, подготовленного Университетом Восточной Англии (Hulme, 1998) по глобальной сетке с размерами ячейки  $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$  (табл. 3). При этом данные по осадкам, полученные для ячеек, расположенным на берегу, интерполировались на поверхность моря. Испарение определялось как остаточный член из уравнения водного баланса.

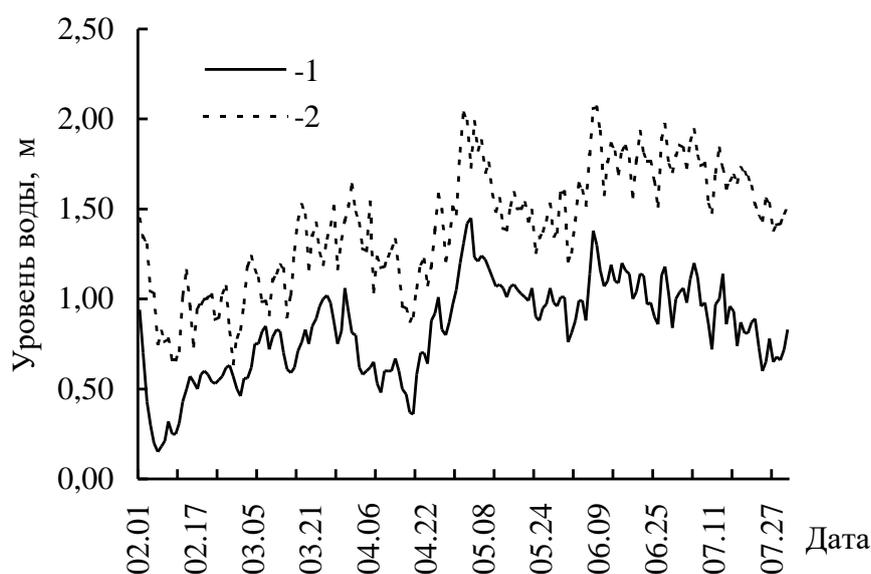


Рис. 2. Сопоставление измеренного (1) и рассчитанного (2) с учетом речного притока уровня воды Каспийского моря за период с 2.02-31.07.2003.

Таблица 3

Средняя величина «видимого» испарения с поверхности Каспийского моря,  $\text{м}^3/\text{с}$

Месяц											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
518	239	1132	1752	1489	2475	2499	3130	3837	2711	1861	1384

В качестве фонового уровня Каспийского моря использовался современный уровень, равный минус 27,00 м, который в дальнейшем может быть модифицирован.

На рис. 3 приведено сопоставление фактического и рассчитанного уровня воды МГ Пешной при условии учета «видимого испарения». На этом рисунке видно, что ввод в модель величин «видимого» испарения занижает величину уровня моря.

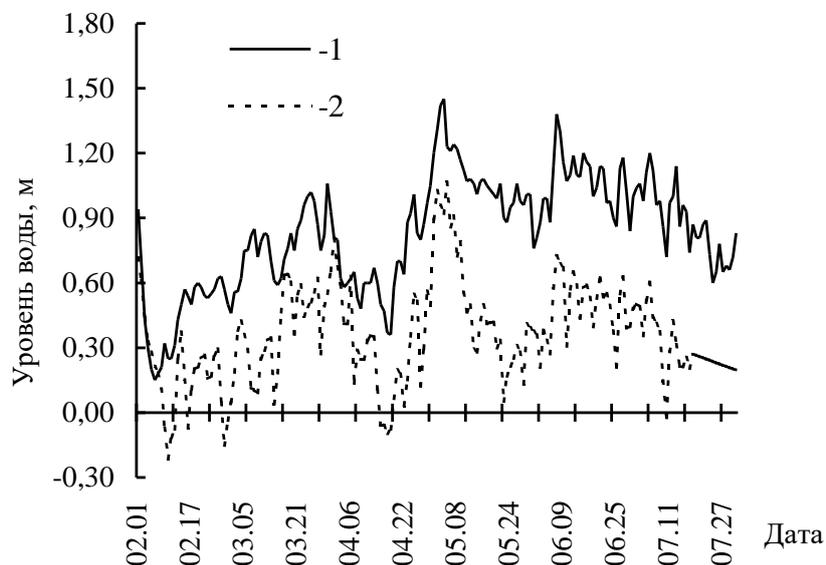


Рис. 3. Сопоставление измеренного (1) и рассчитанного (2) с учетом «видимого» испарения уровня воды Каспийского моря за период с 2.02-31.07.2003.

Естественно, что для достижения положительных результатов необходимо при расчете (прогнозе) вводить в модель все основные элементы водного баланса одновременно. Как показывают результаты сопоставления измеренных и рассчитанных, с учетом элементов водного баланса, уровней воды Каспийского качество расчетов существенно улучшается (рис.4). В частности, коэффициент корреляции между измеренными уровнями воды и рассчитанными без учета элементов водного баланса составлял 0,76, а с учетом речного притока и «видимого» испарения его величина увеличилась до 0,85.

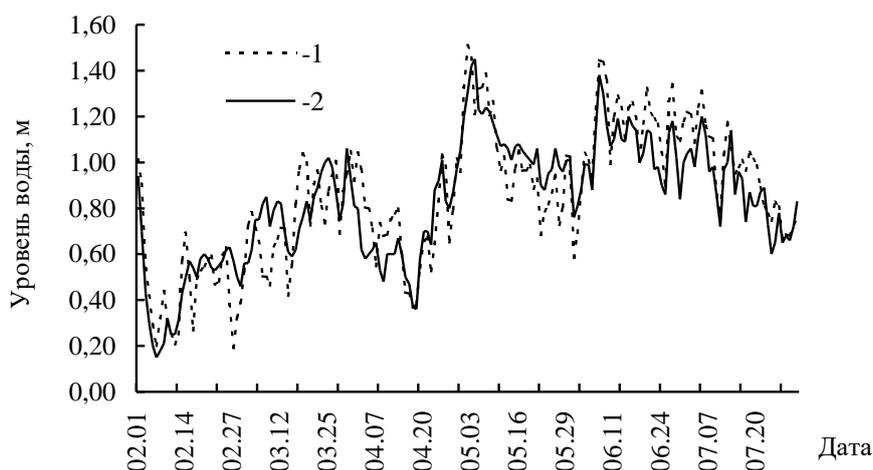


Рис. 4. Сопоставление измеренного (2) и рассчитанного (1), с учетом основных элементов водного баланса, уровня воды Каспийского моря за период с 2.02-31.07.2003.

Таким образом, эксперименты показали, что при прогнозировании уровня режима моря необходимо учитывать не только важнейшие элементы водного баланса самого моря, но и его речного бассейна.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайков Б. Д. Водный баланс Каспийского моря в связи с причинами понижения его уровня. Труды НИУ ГУ ГМС, сер. IV, вып. 38, 1946.- С.19-27.
2. Йенсен Х.Р., Ивкина Н.И., Строева Т.П. Некоторые результаты тестирования системы предупреждения штормовых нагонов на Каспийском море// Гидрометеорология и экология.- 2002.- N 1.- С. 93-100.
3. Каспийское море. Проект моря, Вып. 1 Гидрометеорология и гидрохимия морей.- СПб.: Гидрометеоздат.- 1992.- С. 211-221.
4. Abbott M.B., McCowan A., Warren I.R. Numerical Modelling of Free-Surface Flows that are Two Dimensional in Plan // Transport models for Inland and coastal waters.-Academic press, 1991.-P.222-283.
5. Jensen H. R., Vested H. J., Simonsen C. Storm Surge Forecasting for the Danish North Sea Area // PIANC Bulletin.-1991.-N 72.-P.76-98.
6. Skill assessment of an operation hydrodynamic forecast system for North Sea and Danish Belts // Vested H.J., Woge Nielsen J., Jensen H.R. and Bolding Kristensen K. // Quantitative skill assessment for coastal ocean models.- 1995.- Vol. 47.- P. 373-396.



УДК 551.524.34(574)

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ВЫСОКОГОРНОЙ ЗОНЕ ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ НА ПРИМЕРЕ ЛЕДНИКА ТУЮКСУ**

Л.А. Ерисковская

*Рассматриваются климатические изменения за балансовый год, холодный, теплый периоды, отдельно за зимние, весенние (апрель – май) месяцы. Температура осадки равномерно возрастали, особенно в холодный период. За весенние месяцы понижались. Зимы стали теплее, лето жарче, весна холоднее.*

Горные области занимают 20% земной поверхности.

Горный климат влияет на изменение климата в целом на Земном шаре и может оказывать значительное воздействие на экономику многих стран мира. Изменения колебания горных климатов имеет большое значение для жизнедеятельности человека, так как человек работает в экстремальных условиях и такие колебания необходимо изучать и принимать в расчет. Около мощного снегового хребта Заилийского Алатау с ледниками и высокими пиками находится южная столица Алматы. От основного хребта на северном склоне отходят боковые отроги в виде “прилавок”, менее крупных хребтов - Талгарского, Нового, Малоалматинского и Кумбель. Формирование рельефа Заилийского Алатау с громадными конусами выноса горных пород в предгорьях и моренными отложениями в верхнем поясе в значительной мере повлияли на оледенения [4]. Оледенение воздействует на погоду в окрестностях. Впервые наблюдения в высокогорье за поверхностным движением ледников Заилийского Алатау были проведены С.Е. Дмитриевым в 1903...1908 гг. На леднике Центральным Туяксуйском - 1907, 1911 гг., затем Н.Н. Пальговым и другими. Особенно интенсивно исследовались ледники в период МГГ (1957...1959 гг.) и в последующие годы [6]. В основном исследования ледников в горах производились в летний период и этот сезон достаточно хорошо изучен. Но горы привлекают не только ученых, но и массу людей (альпинистов, туристов), особенно в зимнее время. Холодный период для ледников имеет также большое значение, так как происходит аккумуляция - накопление снега. Это происходит за счет твердых атмосферных осадков, метелевого переноса, снежных лавин и нарастающих осадков (изморозь, гололед). Но основным источником для

оледенения, особенно для ледника Туюксу, являются твердые осадки. Вообще для образования ледников необходимо скопление твердых осадков [7]. Ледник Туюксу находится в хребте Заилийского Алатау (Северный Тянь-Шань). Он был открыт в 1902 году. С тех пор на нем проводились эпизодические наблюдения. Это репрезентативный ледник, круглогодичные наблюдения ведутся на гляциологическом стационаре Туюксу-1 лабораторией гляциологии ИГ МОН РК с 1972 года. В данное время это единственная станция в Казахстане, Азии и СНГ. Научная информация высылается во Всемирную службу мониторинга ледников.

Ледник Туюксу имеет однокамерный цирк питания и ориентирован на север. Средняя абсолютная высота обрамляющего ледник гребня 4120 м, а его относительное превышение над подножием тыловой стены – 300 м; наклон стены достигает 35...40°. Ширина ледника в области цирка – около 1,5 км, а языка – 0,5 км. В 2001 г ширина открытой части ледника была 2841 м, а площадь – 2,5 км<sup>2</sup>. Наклон области фирнового поля 4...6°, языка ледника ~ 7...8°, а его конца ~ 16...18°. Язык ледника обрамлен боковыми моренами, под которыми сохраняется погребенный лед общей площадью около 0,2 км<sup>2</sup>, а под конечной мореной 0,3 км<sup>2</sup>. Вблизи правого края ледника есть небольшая срединная морена. Высотная зона расположения ледника находится в области вечной мерзлоты, в связи с этим он относится к типу холодных ледников.

Характерными признаками существования ледника Туюксу в условиях резко континентального климата являются, как правило, устойчивый зимний антициклон, низкая температура воздуха, летний пик осадков (около 60 % от годовой суммы). Совмещение процессов аккумуляции и абляции происходит, в основном, в теплый период года.

Баланс массы ледника зависит от режима и интенсивности летних осадков, выпадающих, как правило, в смешанном виде с преобладанием твердой фазы. В табл.1 видно, что максимальное количество осадков приходится на июнь. Минимальное количество осадков в январе, феврале. Самые низкие температуры – в январе, самые высокие – в июле месяце.

Глобальное потепление климата должно привести к заметному уменьшению зимних осадков [2]. Но если посмотреть на рис.1, то количество зимних осадков возрастает. Это благоприятно для оледенения.

Таблица 1

Распределение температуры и осадков по ст. Туюксу за период с

1972...2002 гг.

Параметр	Месяц											
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Температура	-3,4	-8,4	-11,4	-13,7	-13,3	-9,7	-4,0	-0,4	3,1	5,9	5,7	1,9
Осадки	59	42	37	26	25	48	104	149	164	146	97	57

Температура в высокогорной зоне Заилийского Алатау за данный период равномерно росла, в холодный период (октябрь – март) – больше, чем в летний (май – сентябрь); осадки также, но с 1990 - немного снизились (См. табл.2).

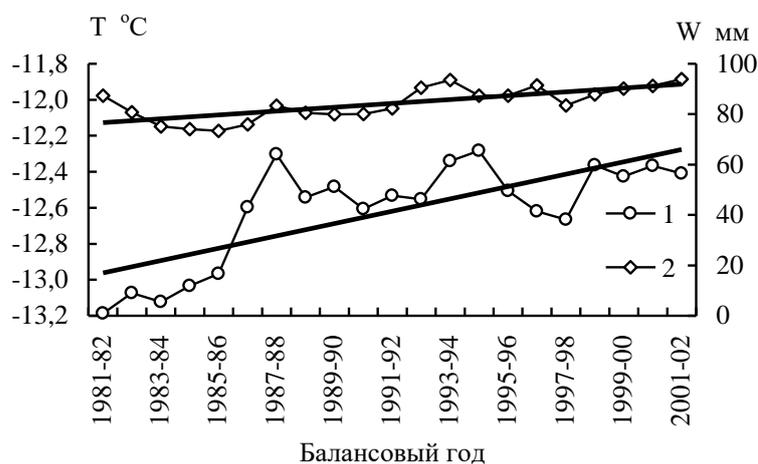


Рис.1. Изменение скользящих среднемесячных температур воздуха и суммарного количества осадков в зимние месяцы (декабрь – февраль) по 10-летиям на ст. Туюксу за период 1972...2002 гг.: 1 - температура воздуха и линейный тренд; 2 - атмосферные осадки и линейный тренд.

Таблица 2

Средние данные по температуре воздуха (Т) и осадкам (W), ст. Туюксу

Год	Холодный период		Балансовый год		Год	Теплый период	
	Т	W	Т	W		Т	W
1972...80	-10,41	233,2	-4,15	925,9	1972...80	3,06	592,4
1980...90	-9,98	252,6	-3,96	984,9	1981...90	3,21	652,9
1990...02	-9,30	225,8	-3,12	951,2	1991...02	3,40	614,6

Температура за балансовый год также равномерно возрастает, но значительно меньше, чем за холодный период. Я думаю, что это влияние весенних месяцев (апрель, май), Весенние месяцы стали холодней. Осадки уменьшались и выпадали в основном в твердом виде, так как температура понизилась.

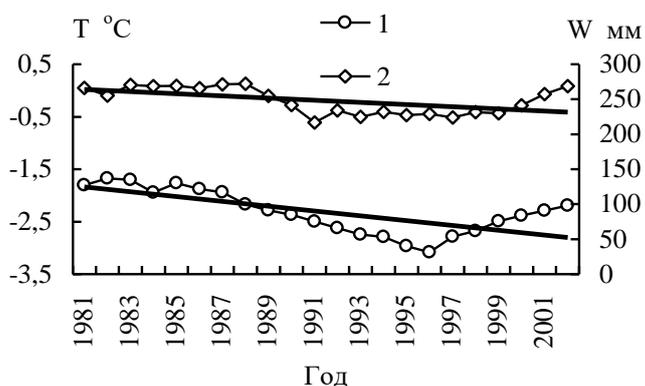


Рис.2. Изменение скользящих среднемесячных температур воздуха и суммарного количества осадков за период (апрель – май) по 10-летиям на ст. Туюксу за период 1972 - 2002 гг.: 1 - температура воздуха и её линейный тренд; 2 - атмосферные осадки и их линейный тренд.

Для оледенения большое значение имеет выпадение осадков, особенно в твердом виде. По исследованиям М.И. Геткера и Г.Е. Глазырина более благоприятны весенние осадки, чем осенние [3]. Но в целом за балансый год осадки увеличивались, температура возрастала (Рис.3).

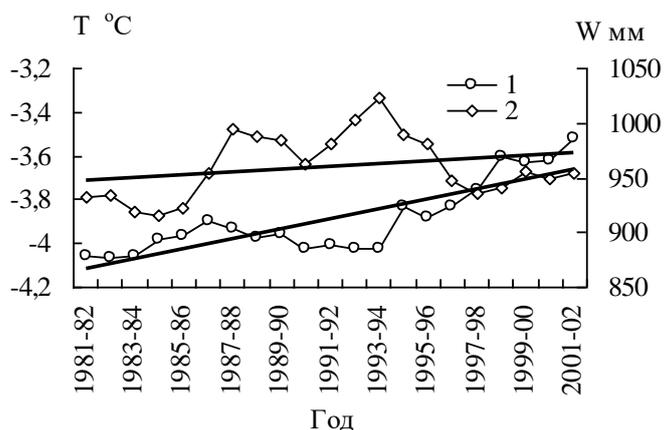


Рис.3. Изменение скользящих среднемесячных температур воздуха и суммарного количества осадков за балансый год по 10-летиям на ст. Туюксу за период 1972...2002 гг.: 1 - температура воздуха и её линейный тренд; 2 - атмосферные осадки и их линейный тренд.

Таким образом, главным фактором для таяния ледников и отступления является повышение температуры воздуха. Есть ледники, когда за зиму выпадает снега вдвое больше, чем обычно, и, тем не менее, ледник

остаётся спокойным; но бывает и наоборот: снега зимой выпадает очень немного, а ледник резко наступает. С 2000...2001 гг. отступление ледника Туюксу стало замедляться. Ледник - "это продукт климата", обладающий инерцией. Наступание, отступление или стационарирование происходят в ответ на колебания климатических условий не одновременно, а только через несколько лет [1].

В последние годы стало появляться все больше сведений о замедленном отступании горных ледников и даже о начале их роста. В 60...70-х годах 20 века несколько изменился общий характер циркуляции атмосферы. Потепление в середине 20 столетия связано с увеличением солнечной активности. В это время совпали максимумы трех циклов - 11-летнего, векового и сверхвекового. Это привело к увеличению интенсивности циркуляции атмосферы на всей Земле, и как следствие к довольно резкому потеплению полярных областей, а затем и к общему потеплению на Земле. В большинстве районов земного шара сокращение ледников продолжается, но в Альпах и Средней Азии сейчас происходит утолщение областей питания и уменьшение количества отступающих ледников [5].

Изучение этого вопроса имеет большое значение, так как ледники - хранилище запасов пресной воды. Я предполагаю, что дальнейшее отступление ледника Туюксу будет замедляться, затем стационарироваться и возможно наступать. Но нужны дальнейшие исследования, чтобы определить влияния климатических изменений на оледенение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакалов В.Д., Громан Д.С., Залиханов М.Г., Панов В.Д. Управление режимом горных ледников и стоком рек. - Л: Гидрометеиздат, - 1990. - 239 с.
2. Бudyко М.И., Винников К.Я., Дроздов О.А, Ефимова Н.А. Предстоящие изменения климата // Изв. АН СССР, сер. географ. - 1978. - № 6. - С. 5 - 20.
3. Геткер М.И., Глазырин Г.Е. Некоторые характеристики осадков в горах и их влияние на горное оледенение // Проблемы гляциологии Алтая. - Томск, 1972. - 53 с.
4. Гуриков Д.Е. Заилийский Алатау. - Алма-Ата: Кайнар, 1981.-255 с.
5. Котляков. В.М. Льды, любовь и гипотезы. - М.: Наука, 2001. - Избр. соч., книга 4. - 367 с.
6. Токмагамбетов Г.А. Ледники Заилийского Алатау. Алма-Ата, 1976. - 367 с.

7. Тронов М.В. Ледники и климат. Л., - 1966. - 407 с.

Институт географии МОН РК

**ТҰЙЫҚСУ МҰЗДАҒЫ МЫСАЛЫНДА ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ БИІК  
ТАУЛЫ АЙМАҒЫНДАҒЫ КЛИМАТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕР**

Л.А. Ерисковская

*Баланстық жыл, оның суық, жылы кезеңдеріндегі, қыс, көктем (сәуір-мамыр) айларындағы климаттық өзгерістер бөлек қарастырылған. Температура мен жауын-шашындар, әсіресе суық кезеңде, бірте-бірте ұлғайған. Көктем айларында олар төмендеген. Бұрынғымен салыстырғанда, қыс жылынып, жаз ысып, көктем суыған.*

УДК 551.578.483

**К ВОПРОСУ ПРОГНОЗА ЛАВИН ПРИ СНЕГОПАДАХ В  
БАССЕЙНЕ РЕКИ МАЛОЙ АЛМАТИНКИ**

Канд. геогр. наук Е.И. Колесников

*Разработан эмпирический метод прогноза лавин свежесвыпавшего снега в бассейне реки Малой Алматинки на основе наблюдений на стационарной метеоплощадке снеголавинной станции Чимбулак.*

Бассейн р. Малой Алматинки является зоной массового отдыха международного значения. Здесь расположены всемирно известные высокогорный каток Медео и горнолыжный комплекс Чимбулак. В последние годы в урочище Чимбулак развернулось строительство многочисленных коттеджей, кафе-баров и других объектов, а по автодороге Медео – Чимбулак круглосуточно отмечается интенсивное движение автотранспорта и пешеходов. В то же время в этом ущелье, по данным снеголавинной станции (СЛС) Чимбулак, в диапазоне 1600...3600 м насчитывается около 60 лавиносборов, многие из которых угрожают автодороге Медео-ледник Туюксу и горнолыжной трассе. Кроме того из 50 жертв от лавин за последние десятилетия большинство зарегистрировано именно в этом ущелье [4]. В этой связи на СЛС Чимбулак возлагается особая ответственность по прогнозированию лавин различных генетических типов.

По данным работы [3] в бассейне р. Малой Алматинки сходят преимущественно лавины, связанные с выпадением осадков (81 % случаев), из них лавины свежесвыпавшего снега (42%) и лавины смешанного типа (выпадение осадков на фоне оттепели 39 %). На СЛС Чимбулак И.В. Кондрашовым разработаны методики прогноза лавин различного генезиса и назначения, в том числе локальный, сверхдолгосрочный и другие методы [3, 4, 5], отдельные положения которых, к сожалению, имеют дискуссионный характер.

Так в работе [3] автор согласен с методами прогноза лавин свежесвыпавшего снега [2, 9, 10, 11], а в работе [4] отрицает их, якобы из-за низкой оправдываемости, противореча самому себе. А между тем обеспеченность методов в работах В.Ш. Цомае и К.Л. Абдушелишвили составляет 92...96 % [2, 7]. И.В. Кондрашов [4] мотивирует высокую оправдываемость таких методов тем, что при подсчете оправдываемости про-

гнозов используются все снегопады в данном горном районе (слабые и сильные) и что эта оправдываемость мнимая, хотя в своих разработках также использует все снегопады [7]. Сравнивая прогностические графики (рис.19, 20 и 44, 45) бросаются в глаза четкие разграничивающие линии между случаями схода и отсутствием лавин на рис. 19, 20 и разброс точек обоих классов на рис. 44, 45, не позволяющий провести четкую разграничивающую кривую [7]. В этой связи непонятен вывод И.В. Кондрашова [3], что надежность прогноза повысится, если учитывать высоту старого снега в лавиносборах, а не на стационарных площадках.

Но ведь эмпирико-статистические методы гидрологических, снеголавинных и других прогнозов при разработке на зависимом материале за многолетний период обязательно используют принципы репрезентативности и реперности (конкретная метеостанция, гидропост, снегопункт, постоянные снегомерные рейки на метеоплощадках). Большой разброс точек обоих классов на рис. 44, 45 [7] объясняется, очевидно, тем, что автор проигнорировал принцип реперности, используя высоту старого снега ( $h_{cm}$ ) по дистанционным снегомерным рейкам в лавиносборах.

Неопределенность и затруднительность использования этих прогностических графиков заключается в следующем. В работах [2, 9, 10, 11] высота старого снега (накануне очередного снегопада) берется осредненная по трем постоянным рейкам на метеоплощадках с сантиметровыми делениями, которую можно снять в начале снегопада и даже ночью. На СЛС Чимбулак в диапазоне 1600...3600 м на склонах разных экспозиций и крутизны раньше (в 70-80 годы) было установлено около 120 реек (сейчас их около 60) с 10 сантиметровой градуировкой. В ноябре-декабре по плану наблюдения по рейкам проводятся один раз в десять дней, а в январе-апреле через пять дней и после сильных снегопадов. При резкой смене погоды и отсутствии видимости наблюдения за  $h_{cm}$  вообще невозможны. Зимой часть реек сносится лавинами, а летом восстанавливается (вряд ли на том же самом месте). По этим причинам непонятно (и И.В. Кондрашов в статьях не указывает) какую величину  $h_{cm}$  нужно брать для прогноза по рис. 44, 45 – осредненную по всем рейкам или осредненную по группе реек в лавиносборах. Будет ли эта высота соответствовать осредненной величине сейчас, при уменьшении количества реек в два раза?

Снеголавинные станции обязаны выдавать ежедневные специализированные прогнозы «лавиноопасно» или «нелавиноопасно», т.е. с конкретным текстом. В работе [7] на рис. 45 случаи со сходом лавин между

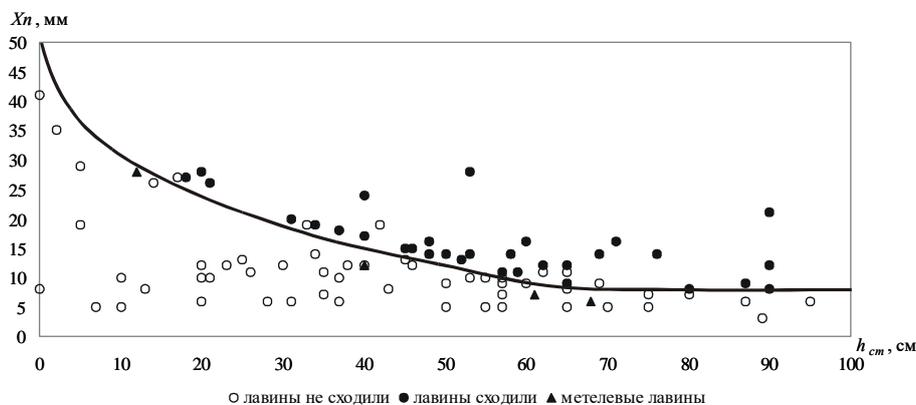
кривыми 1 и 2 составляют всего 35 %, а без схода 65 %. Вряд ли такой неопределенный прогноз может удовлетворить потребителя. Чтобы как-то реабилитировать методику на рис. 44 и 45 поле точек со сходом лавин разделено на две зоны: малые лавины (объемом 100...1000 м<sup>3</sup>) и большие (объемом более 1000 м<sup>3</sup>). Но для человека опасна любая лавина. Так, 8 апреля 1972 г. лавина объемом 960 м<sup>3</sup> засыпала 17 человек из них 10 человек погибло. Гораздо полезнее было бы разделить зону со сходом лавин на зону предельного равновесия (начальные условия лавинообразования) и зону массового схода лавин. Ведь очевидно, что 10 небольших лавин опаснее одной большой, так как вероятность попадания в лавину в первом случае в 10 раз больше. Можно предположить, что на рис.44 [7] зона «Г» соответствует периодам массового схода лавин.

В работе [4] автор говорит о «заведомо» нелавинноопасных снегопадах ( $X_n \leq 10$  мм) и «заведомо» лавинноопасных снегопадах ( $X_n \geq 20$  мм). К этому выводу следует подходить с большой осторожностью. Так, 10.01.2001 г. на СЛС Чимбулак за три часа выпало 9,3 мм осадков, вызвавших массовый сход лавин. Прирост высоты свежеснегавшего снега составил 23 см, а интенсивность снегопада - 8 см/час! Анализ материалов показал, что в период максимального снегонакопления в марте-апреле нередко сходят лавины при осадках менее 10 мм, а в осенне-зимний период (ноябрь-декабрь) при отсутствии снежного покрова на станции или малых снегозапасах сход лавин не отмечался даже при снегопадах с количеством осадков 35...38мм и приросте свежеснегавшего снега 42...47 см (рис.44) [7].

Известно, что специализированные предупреждения о лавинной опасности, выдаваемые снеголавинными станциями, в отличие от предупреждений общего пользования, предназначены для отдельных отраслей хозяйства в соответствии с характером и территорией их производственной, культурно-массовой и бытовой деятельности. Они имеют фоновый характер и распространяются на ограниченную деятельностью объектов территорию, границы которой оговариваются в аварийных противолавинных планах, согласовываемых между РГП Казгидромет и потребителями снеголавинной информации. Лавинный прогноз считается оправдавшимся, если в объявленный период на обслуживаемой территории сошла хотя бы одна лавина объемом  $\geq 100$  м<sup>3</sup> [3]. Далее в этой работе автор пишет, что «для прогнозирования лавин из свежеснегавшего снега в Заилийском Алатау можно применять методику В.Ш. Цомае и К.Л. Абдушелишвили, но для каждого района необходимо строить свой график».

В разработанной нами методике в качестве стационарной площадки для наблюдений за высотой снега и осадками взята горизонтальная площадка СЛС Чимбулак, открытая в 1967 г., по которой ежедневно отмечается высота снега, осредненная по трем рейкам. Периоды со сходом лавин взяты из ежегодных технических отчетов станции в особо лавиноактивные зимы (1980...2003 гг.), когда коллектив станции был полностью укомплектован и проводил широкий комплекс снеголавинных наблюдений.

На рис. представлена связь начальной высоты снежного покрова накануне снегопадов ( $h_{cm}$ , см) с минимальной суммой осадков ( $X_n$ , мм), необходимой для схода лавин в бассейне р. Малой Алматинки. При построении графика осадки суммировались, если перерывы между отдельными снегопадами не превышали сутки и более. В противном случае последующий снегопад считался другим периодом выпадения осадков, и точка на графике имела соответствующее положение. На графике периоды с выпадением осадков менее 5,0 мм не учтены. На зависимом материале степень предупрежденности случаев схода лавин составила 91 %, а общая оправдываемость прогнозов (сход и отсутствие лавин) 94 % без учета трех случаев схода локальных метелевых лавин в высокогорной зоне. Редкие случаи схода метелевых лавин на водораздельных гребнях не прогнозируются по рис. Оценка лавинной опасности в таких случаях производится или по визуальным наблюдениям за метелевым снегопереносом на водоразделах (мощные снежные «флаги») или по данным о сильных ветрах на метеостанции Мынжилки (при отсутствии видимости).



*Рис. Связь начальной высоты снежного покрова ( $h_{cm}$ , см) с минимальной суммой осадков ( $X_n$ , мм), необходимой для схода лавин в бассейне р. Малой Алматинки*

Разграничивающей кривой на рис. соответствует формула:

$$X_n = 50 - 5,4\sqrt{h_{cm}},$$

где  $X_n$  – расчетная величина осадков, необходимых для схода лавин (мм),  $h_{cm}$  – высота снега на метеоплощадке СЛС Чимбулак накануне снегопада (см). Пороговые значения: при  $h_{cm} \geq 80$  см –  $X_n = 8,0$  мм.

Зимой 2002...2003г. на СЛС Чимбулак проводились производственные испытания метода. Общая оправдываемость прогнозов составила 79 %, а степень предупрежденности случаев схода лавин – 82 %. Недочет произошел за счет непредсказанного случая схода лавин 07.02.2003 г., когда при  $X_n = 15,0$  мм выпало 11,8 мм при сильном ветре в высокогорьях. Существенная перестраховка при испытаниях объясняется сомнительными случаями отсутствия лавин 25.03, 16.04 и 19.04, когда  $X_n$  превысили критическую величину и накануне сходили лавины.

Таким образом, при строгом соблюдении условий прогнозирования этот метод вполне приемлем в оперативной работе СЛС Чимбулак.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канаев Л.А. Руководство по снеголавинным наблюдениям и методам снеголавинного обеспечения. – Ташкент, 2001, - 167 с.
2. Колесников Е.И. Способы прогноза лавинной опасности по интенсивности осадков и снегопадов в горах Заилийского Алатау.– Тр. САНИГМИ, 1972, вып. 63 (78), С.104-121.
3. Кондрашов И.В. Опыт прогнозирования лавин из свежеснеговывающего снега на снеголавинной станции Чимбулак.– Тр. САРНИГМИ, вып. 37 (118), 1977, С. 31-37.
4. Кондрашов И.В. К вопросу о прогнозе лавин, связанных со снегопадами.– Гидрометеорология и экология, вып. 4, Алматы, 1997, С. 60-65.
5. Кондрашов И.В. Прогноз лавин и некоторых характеристик снежности в горах Казахстана.– Л.: Гидрометеиздат, 1991, - 72 с.
6. 6.Методические указания по снеголавинному обеспечению народного хозяйства.– Ташкент, 1987, - 47с.
7. Практическое пособие по прогнозированию лавинной опасности.– Л.: Гидрометеиздат, 1979, - 200 с.
8. Руководство по снеголавинным работам (временное).– Л.: Гидрометеиздат, 1965, - 397 с.

9. Северский. И.В. Снежные лавины Заилийского Алатау (формирование, возможности прогноза, оценка опасности, влияние на сток).– Автореф. дисс. на соис. уч. степени канд. геогр. наук.– М.,1969, - 27с.
10. Цомая В.Ш., Абдушелишвили К.Л. К методике прогноза схода лавин свежеснегавывающего снега в зависимости от метеорологических факторов. – «Труды ЗақНИГМИ», 1963, вып. 13, с.97-100.
11. Цомая В.Ш. Прогноз схода лавин свежеснегавывающего снега на основе учета факторов снегонакопления на склонах. – Труды ЗақНИГМИ, 1979, вып. 68 (78), С. 3-15.

Казгидромет, Гидрометцентр

### **КІШІ АЛМАТЫ ӨЗЕНІ АЛАБЫНДА ҚАР ЖАУҒАН КЕЗДЕГІ ҚАР КӨШКІНІ МӘСЕЛЕСІ ТУРАЛЫ**

Геогр. ғылымд. канд. Е.И. Колесников

*Шымбұлақ қар көшкіні станциясының стационарлық метеороорнында жүргізілген бақылау негізінде Кіші Алматы өзені алабында жаңа жауған қардың көшкінін болжаудың эмпирикалық әдісі жасалған.*

УДК 551.510.42

**СТОК ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ  
УСТОЙЧИВОСТИ РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Канд. геогр. наук М.Ж. Бурлибаев

*Сделана попытка рассмотреть сток взвешенных наносов с точки зрения охраны речных экосистем, а не только как гидрологического параметра. При этом проводится параллель между антропогенным изменением стока взвешенных наносов, гранулометрического состава, химизма и деградацией речных экосистем.*

Для исследования устойчивости речных экосистем изучение взвешенных наносов речного стока, как и его химического и гранулометрического состава, представляет собой фундаментальный характер, с точки зрения определения роли стока наносов, в жизнедеятельности автономно существующей экосистемы. Обозначив такую проблему, необходимо пояснить, что же в этом конкретном случае имеется в виду под термином «речной экосистемы». В понимании автора речная экосистема есть совокупность и взаимодействие биоты с абиотической средой применительно к водотоку.

Сравнительный анализ современной деградации речных экосистем показывает, что при «обосновании» минимально необходимых расходов воды или же санитарных попусков ниже водохранилищ и крупных гидрехимических сооружений абсолютно игнорируется сток наносов, несмотря на особую роль этой гидрологической характеристики в жизнедеятельности речной экосистемы, известной еще со времен В.В. Докучаева [1]. Наоборот, вся система мелиорации и гидроэнергетики боролась со стоком наносов как с нежелательным элементом, приносящим только экономические убытки.

Между тем известно, что сток наносов играет важную роль не только в преобразовании пойменных лугов, но и в продуцировании биогеоценозов. Поэтому в водно-аккумулятивных комплексах, каковой является речная экосистема, роль гидрологического режима, в том числе стока наносов, в создании биогеоценозов и почвообразовании, становится еще более значимой, потому как сам почвенный субстрат является порождением пойменного и аллювиального речного потока. Мезорельеф пойм трансзональных рек Казахстана указывает на их чрезвычайную сложность

и неоднородность по поемному и аллювиальному отложению, как по глубинному профилю, так и в направлении от русла к пойме и террасам. Такое сложное сочетание явления оказывается главной причиной и основой создания при одних и тех же физико-географических условиях, атмосферном воднотеплобалансовом и гидрологическом режимах неоднозначных гидротермических, воздушных и пищевых режимах местообитаний биоты. Разнообразие факторов при сопряженной дифференциации растительного покрова речной экосистемы, накопления и преобразования биогенных и органических продуктов приводит к формированию мозаичного и закономерного по экологическому профилю сменяющегося почвенного покрова.

Таким образом, становится понятным, что сток наносов является не только почвообразующим фактором, но и основным источником питания биоценозов, объединенных в рамках речной экосистемы. Например, источником необходимого набора органических соединений для растений являются первичные продукты фотосинтеза. Известно, что эти продукты образуются из двуокиси углерода и воды в процессе питания растений, где в их химической основе лежат углерод, кислород и водород. Далее, в результате обмена веществ, первичные продукты фотосинтеза превращаются в аминокислоты, белки, макроэргические соединения, в ферменты и другие сложные органические вещества. Однако для достижения этой цели требуются также другие металлы периодической таблицы Д.И. Менделеева. Их растения получают из почвы пойменных лугов, куда в свою очередь эти химические элементы попадают исключительно благодаря стоку взвешенных наносов. Интенсивность роста пойменных растений, да и вообще благополучие речной экосистемы, включая и гидробионтов, зависит, главным образом, от гидрологического режима реки, в том числе и от стока взвешенных наносов. Поэтому данная работа будет посвящена не только определению условий формирования стока взвешенных наносов, но и выявлению химического и гранулометрического состава этих наносов. При выявлении роли стока взвешенных наносов в почвообразовательном процессе речной экосистемы нами выделяются поемные и аллювиальные процессы. Под поемными процессами понимаем отложения взвешенных наносов, сформировавшихся со всей площади водосбора, во время затопления поймы тальми водами периода половодья. Аллювиальные же процессы, в нашем понимании, есть отложения наносов паводковыми водами в виде наилок как результат взмучивания влекомых наносов, размывания русла, поймы и их переотложения. Поэтому в нашем случае изучению

стоков взвешенных наносов придается важная роль не только как чисто гидрологической характеристике, но и как одному из важных факторов, обеспечивающих устойчивое развитие речной экосистемы. В связи с чем, нам на перспективу необходимо научиться прогнозировать не только гидрологический режим водотоков, но и сток взвешенных наносов.

Научных трудов, посвященных определению закономерностей формирования стока наносов имеется множество. Учитывая специфику наших интересов к стоку взвешенных наносов с точки зрения изучения устойчивости речных систем, мы ограничимся исследованиями на примере р. Шу. В этой связи хотелось бы подчеркнуть ряд трудов, посвященных изучению стока взвешенных наносов р. Шу, являющихся основополагающими для рассматриваемого речного бассейна. Это труды Г.И. Шамова [7], Г.В. Лопатина [4], В.Л. Шульца [8, 9], О.П. Щегловой [10], Н.Т. Кузнецова [2] и Справочник «Ресурсы поверхностных вод» под ред. М.Н. Большакова [5].

Они, в основном, посвящены выявлению закономерностей формирования как взвешенных, так и влекомых наносов. Общим выводом для этих работ, хотя и с некоторыми сомнениями в результатах отдельных работ [5], является наличие связи среднемесячных и среднегодовых стоков взвешенных наносов и речного стока. Эту связь предложено определять как:

$$R = \alpha \cdot Q^n, \quad (1)$$

где  $R$  - сток взвешенных наносов, кг/с;  $\alpha$  и  $n$  - эмпирические коэффициенты полученных зависимостей;  $Q$  - среднегодовой и среднемесячные расходы воды, м<sup>3</sup>/с.

В работе [5] авторам не удалось избежать противоречий самим себе. Например, на с.180 авторы констатируют факт, что попытка использовать связи расходов воды с расходами наносов (для удлинения коротких рядов наблюдения) не приводит к положительным результатам из-за слабости этих связей. Несмотря на это авторы на с.193 предлагают использовать эти зависимости (1) для расчета стока взвешенных наносов. Как представляется, ошибка авторов заключается в том, что из привлекаемых для расчетов 60-ти пунктов наблюдений только в 24 пунктах имеются ряды наблюдений более десяти лет, тогда как на остальных 36 гидропостах менее десяти лет. Во-вторых, из классической гидрологии суши известно, что при поиске связи стока взвешенных наносов с расходом воды надо четко разграничивать отдельные гидрологические фазы во внутригодовом распределении стока. В противном случае статистические параметры стока наносов и речного стока в декартовых координатах образуют рассеянное поле точек с низкими

показателями корреляционной связи, т.е. задача превращена в детерминированную, с множеством эпизодов случайностей. К сожалению, в цитируемой работе этой ошибки не удалось избежать.

Поэтому при правильной постановке задачи, т.е. для выявления зависимости стока взвешенных наносов от расхода воды, наравне с высотной зональностью рассматриваемых створов, подстилающей поверхности водосборной площади и типа питания немаловажную роль играет и внутригодовое распределение речного стока. А именно, четкое и правильное определение водности периода: половодье, паводки и межень. Ибо в данном случае водность водотока выступает как интегральный показатель, вобравший в себя совокупность отдельных факторов, формирующих сток взвешенных наносов.

Выявление роли и участия каждого фактора формирования стока наносов для фундаментальной науки на основе натуральных экспериментов представляется архиважным. В настоящее время экономические реалии таковы, что на ближайшую перспективу проведение таких работ просто невозможно, в связи с чем, для выявления связей, придется ограничиться только результатами наблюдений на стационарных постах гидрометслужбы.

В результате продолжительного поиска нам удалось получить зависимости эмпирических коэффициентов  $\alpha$  и  $n$  от высоты расположения гидрологических постов (см. рис.). При этом связи для этих коэффициентов получены для двух периодов гидрологического режима, то есть весенне-летнего половодья (4...8 месяцы) и осенне-зимней межени (9...3 месяцы). Эти связи аппроксимируются следующими полиномиальными уравнениями:

$$\alpha_{4-8} = 2 \exp(-0,8H^2) - 7 \exp(0,5H) + 0,0708, \quad (2)$$

$$\alpha_{9-3} = 7 \exp(-0,8H^2) - 0,0003H + 0,2324, \quad (3)$$

$$n_{4-8} = -\exp(0,7H^2) + 0,0007H + 1,4179, \quad (4)$$

$$n_{9-3} = -6 \exp(0,8H^2) + 0,0003H + 1,3109. \quad (5)$$

При этом  $R^2$  соответственно равны: 0,97; 0,83; 0,80; 0,72. При построении зависимости использован метод наименьших квадратов в изложении Ю.В. Линника [3] по сводке формул и правил оценки с учетом подробной и матричной записи:

$$\sum_{i=1}^n (kH_i H_j) \alpha_j = (kH_i l), \quad (6)$$

при  $K\alpha = H^n kl$  и  $K = H^n kH$ , где  $K$  – матрица;  $k$  – матричный весовой коэффициент;  $H_{i,j}$  – переменная высоты расположения гидрологических постов;  $l$  – расстояние между постами.

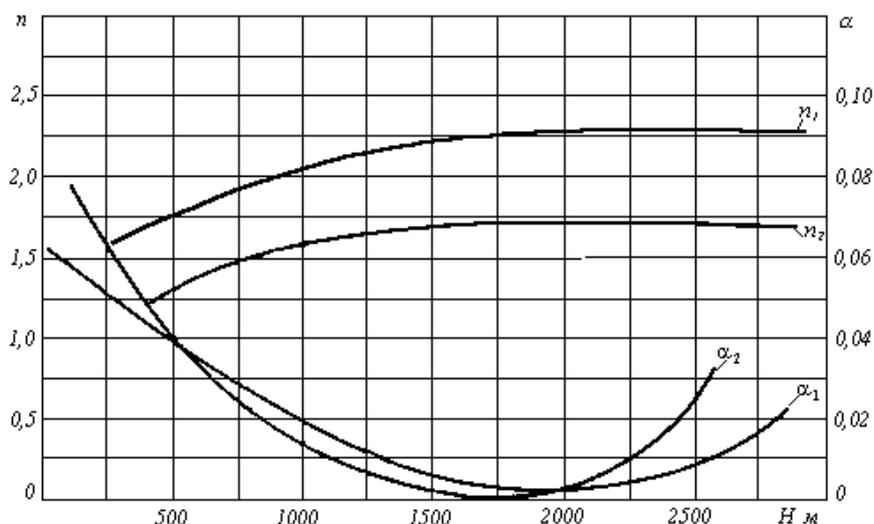


Рис. Зависимость  $\alpha$  и  $n$  от высоты речного водосбора.

Несмотря на различие физико-географических условий бассейнов рек (Или, Иртыш, Каратал, Шу, Талас, Асса), характер вертикальной поясности формирования стока взвешенных наносов идентичен и позволяет сделать следующие предположения:

- величина  $\alpha$  является эмпирическим коэффициентом, учитывающим возрастание стока взвешенных наносов с уменьшением высоты водосбора и возрастанием площади водосбора, а также с учетом добежания;
- величина  $n$  является эмпирическим коэффициентом, учитывающим возможность смыва подстилающей поверхности в различных высотных поясах в зависимости от преобладания тех или иных почвогрунтов, а также факторов, влияющих на формирование стока взвешенных наносов.

Максимумы поясного смыва или же возрастания стока взвешенных наносов приходятся на нижние зоны с высотой местности от 200 до 1000 метров, где преобладают легкие почвы (супесчаные, песчаные, легкие суглинки) и на высокогорье (свыше 2000 метров), что обусловлено, главным образом, размывами влажных тяжелых суглинков и глин с участием обломков скал, осыпей и россыпей. Минимальный смыв имеет место в среднегор-

ном поясе (от 1000 до 2000 метров), где формирование стока наносов обусловлено относительно малой интенсивностью смыва и эрозии.

С помощью зависимостей (2) – (6) получены количественные характеристики восстановленных величин стока взвешенных наносов основных трансзональных рек республики (Или, Иртыш, Шу, Сырдарья) за весеннее половодье (табл.) и осенне-зимнюю межень.

Таблица

Среднемноголетнее распределение восстановленного и нарушенного стока взвешенных наносов основных трансзональных рек Казахстана в период весеннего половодья, кг/с

Река - створ	Сток взвешенных наносов	Месяц				
		4	5	6	7	8
Сырдарья – ст. Томенарык	естественный	3143	5024	6080	3965	1557
	фактический	33	48	73	29	31
	разность	3110	4976	6007	3936	1526
Сырдарья – г. Казалы	естественный	1104	1774	2026	1287	673
	фактический	28	40	40	25	28
	разность	1076	1734	1986	1262	645
Или – в 37 км ниже раб. пос. Или	естественный	253	596	953	962	807
	фактический	7	5	6	4	4
	разность	246	591	947	958	803
Шу – свх. Чапаева	естественный	83	51	43	30	41
	фактический	53	34	21	17	11
	разность	30	17	22	13	30
Шу – с. Кочкорка	естественный	1,1	17	17	11	13
	фактический	2,0	4	15	9	4
	разность	0,9	13	2	2	9
Черный Иртыш – с. Буран	естественный	19	98	167	49	14
	фактический	20	99	164	44	12
	разность	1	1	3	5	2
Иртыш – с. Шульба	естественный	441	417	174	62	38
	фактический	182	115	28	8	3
	разность	259	302	146	54	35

Уменьшение стока наносов под влиянием хозяйственной деятельности характерно для всех рассматриваемых трансграничных рек. Значительные изменения произошли в стоке взвешенных наносов таких рек, как Сырдарья, Иртыш, Шу и Или. Основное влияние на сток взвешенных наносов оказывает эксплуатация крупных водохранилищ многолетнего и сезонного регулирования, таких как Бухтарминское, Шульбинское, Усть-

Каменогорское, Капшагайское, Ортотокайское, Ташуткульское, Нарынское, Токтогульское, Шардаринское и др. Например, среднемноголетний сток взвешенных наносов р. Или снизился с 15,90 млн т до 0,96 млн т в результате эксплуатации Капшагайского водохранилища, где особенно велико снижение стока взвешенных наносов в вегетационный период – с 13,30 млн т до 0,87 млн т. Полученные нами результаты подтверждаются исследованиями В.Н. Стародубцева [6].

При определении влияния хозяйственной деятельности на естественный гидрологический режим р. Сырдарья весь период наблюдений целесообразно разделить на два этапа, то есть до 1960 года и после 1960 года, а нарушенный же период гидрологического режима до 1975 года и после 1975 года. При такой постановке задачи результаты восстановленного стока взвешенных наносов показывают следующее: с начала регулирования стока р. Сырдарья Фархадским, Кайраккумским, Шардаринским водохранилищами среднемноголетнее значение твердого стока в створах ст. Томенарык и г. Казалы уменьшилось в вегетационный период соответственно на 67 и 36 %. После 1975 года, когда совпали во времени интенсивное освоение бассейна реки Сырдарья и наступление маловодных циклов, эти уменьшения составили соответственно 98,9 и 97,6 %.

Антропогенное воздействие существенно повлияло и на естественную многолетнюю изменчивость стока взвешенных наносов ( $C_v$ ). Например,  $C_v$  взвешенных наносов рек Сырдарья и Шу в период весеннего половодья при естественном гидрологическом режиме равнялся в среднем 0,24 и 0,72 соответственно, тогда как после зарегулирования стока этих рек  $C_v$  в низовьях р. Сырдарья упал до нуля в результате прекращения поступления как жидкого стока, так и стока взвешенных наносов, и до 0,32 - на р. Шу.

По мере уменьшения стока взвешенных наносов претерпевает изменение и их гранулометрический состав. Как показывают наши исследования, вместо наносов с диаметром частиц менее 0,01 мм при естественном гидрологическом режиме, в настоящее время в стоке взвешенных наносов преобладают наносы с диаметром частиц более 0,01 мм. Например, в стоке взвешенных наносов р. Или в период подъема половодья до 1970 года наносы с диаметром частиц менее 0,01 мм составляли 50,3 %, где на долю наносов с диаметром частиц менее 0,05 мм приходилось порядка 40 %, тогда как крупные наносы составляли порядка 10 %. В настоящее время гранулометрический состав стока взвешенных наносов в корне изменен:

- с диаметром частиц менее 0,01 мм – 10 %;

- с диаметром частиц менее 0,05 мм – 63 %;
- с диаметром частиц более 0,05 мм – 27 %.

Изменения, касающиеся гранулометрического состава взвешенных наносов при подъеме весеннего половодья, характерны и для периода спада половодья. Например, наносы с диаметром частиц менее 0,01 мм, составляющие 45 % общего объема, в настоящее время уменьшились до 7 %, тогда как наносы с диаметром частиц менее 0,05 мм увеличились с 36 % до 48 %. Аналогичные закономерности наблюдаются и на примере других рассматриваемых трансзональных рек.

Взвешенные наносы р. Иртыш с диаметром частиц менее 0,01 мм увеличились с 38 % до 48 %, соответственно при подъеме и спаде половодья уменьшились до 28 % и 18 %, то есть разница составляет 10 % и 30 %. Констатируемые уменьшения стока взвешенных наносов с диаметром частиц менее 0,01 мм происходят на фоне увеличения наносов с более крупными частицами. В частности, наносы с диаметром частиц более 0,05 мм, составлявшие 17 % и 18 % в периоды подъема и спада половодья естественного гидрологического режима, в настоящее время увеличились до 51 % и 40 % соответственно.

В настоящее время в результате зарегулирования рассматриваемых трансзональных рек произошли изменения не только в гранулометрическом составе стока взвешенных наносов, но и в химическом составе этих наносов. Известно, что при естественном гидрологическом режиме химизм наносов подчинялся химическому составу смываемых пород и гидрохимическому режиму водотока. Такое положение вещей в современных условиях сохраняется только в стоке рек до водохранилищ. Сток взвешенных наносов в нижнем бьефе воспринимает от гидрохимического режима реки лишь некоторые элементы от группы общей минерализации, например, карбонатность воды. Что касается микро- и макроэлементов, содержащихся и характерных для стока взвешенных наносов в горной части водосбора, то они отсутствуют полностью или обнаруживаются их следы. Например, содержание карбонатов в стоке взвешенных наносов рассматриваемых трансзональных рек изменялось и изменяется преимущественно в пределах от 5 до 20 %. В верхнем и среднем течениях рассматриваемых трансзональных рек, при естественном гидрологическом режиме, изменения карбонатности отличаются от нижнего течения, где эти изменения составляли от 20 % до 27 %. Эти изменения карбонатности в нижнем течении закономерны и имеют объяснение, заключающееся в том, что в горах, где наблюдается максимум атмосферных осадков, связанных с характером размываемых пород и почв,

в нижнем течении оно обусловлено выпадением карбонатов из растворов и увеличением содержания  $\text{CO}_2$ .

До зарегулирования стока рассматриваемых рек в химическом валовом составе взвешенных наносов присутствовали  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , то есть имелись все компоненты, необходимые не только для ихтиофауны, но и для растений в за-тапливаемой части поймы и дельты рек.

К сожалению, в настоящее время сток взвешенных наносов ниже крупных водохранилищ не представляет ценности как удобрение, что еще раз говорит о местном происхождении этих наносов, в результате переработки русел рек. Поэтому, при решении задач восстановления речной экосистемы, необходимо решить вопрос о транспортировке стока взвешенных наносов, аккумулированных в чаше водохранилищ в нижнем бьефе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Докучаев В.В. преобразование природной среды. Сочинение. Т. IV. - М. - Л.: АН СССР, 1951. – 596 с.
2. Кузнецов Н.Т. и др. Физико-географические основы формирования состава взвешенных наносов рек и ирригационных систем. – М.: Наука, 1987. – 151 с.
3. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. – М.: Физматгиз, 1958. – 335 с.
4. Лопатин Г.В. Наносы рек СССР. – М.: Географгиз, 1952. – 336 с.
5. Ресурсы поверхностных вод. (Под ред. М.Н. Большакова) – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – Т. 14. – вып. 2. – 308 с.
6. Стародубцев В.Н. Влияние орошения на мелиоративные качества речного стока. – Алма-Ата: Наука, 1985. – 168 с.
7. Шамов Г.И. Речные наносы. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 347 с.
8. Шульц В.Л. Реки Средней Азии – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – Ч. 1. – 302 с.
9. Шульц В.Л. Реки Средней Азии – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – Ч. 2. – 690 с.
10. Щеглова О.П. Формирование стока взвешенных наносов и смыв с горной части Средней Азии – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 228 с.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

#### **ЖИНАҚТАЛҒАН ТАСЫНДЫЛАРДЫҢ АҒЫСЫ ӨЗЕН ЭКОЖҮЙЕЛЕРІ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫНЫҢ НЕГІЗГІ ЭЛЕМЕНТІ РЕТІНДЕ**

Геогр. ғылымд. канд.

М.Ж. Бүрлібаев

*Жинақталған тасындылардың ағысын гидрологиялық өлшем ретінде ғана емес, өзен экожүйелерін қорғау тұрғысынан қарастыруға тырысушылық жасалған. Осы тұрғыдан жинақталған тасындылардың ағысының антропогендік өзгеруі мен гранулометриялық құрам, химизм және өзен экожүйелерінің деградациясының ара қатынасы анықталған.*

УДК 631.6:502.3

**СТРУКТУРА МНОГОЛЕТНЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ РЕЧНОГО  
СТОКА БЕЛАРУСИ**

Канд. геогр. наук

М.Ж. Бурлибаев

Канд. геогр. наук

А.А. Волчек

В.В. Лукша

*Анализ гидрологической информации разрешает определять параметры (период и амплитуда) в течение почти 5-летнего периода в вечной изменчивости речного стока для территории Республики Беларусь. Статистические характеристики величин (ценностей) периода и особенностей ежегодной амплитуды вечной изменчивости среднего речного стока месяца были получены.*

**Введение**

Как известно, достоверными параметрами хронологической структуры природных процессов являются два основных цикла: суточный и годовой. Физическую основу этих важнейших природных циклов составляет электромагнитное взаимодействие Солнца с природными оболочками Земли. Кроме того, в различных природных процессах проявляется квазипериодичность (цикличность). Амплитуда и длительность циклов изменяется во времени и пространстве.

Наиболее детально исследован и описан квазидвухлетний цикл, практически не вызывающий сомнений относительно своего существования в природе [1, 2]. Для определения конкретных характеристик этого цикла в процессах формирования речного стока нами были проведены статистические исследования межгодовой изменчивости модулей стока (л/с с км<sup>2</sup>), как наиболее полно отражающих пространственное распределение стока рек по территории Беларуси и дающих возможность количественного сравнения стока различных по площади водосбора рек в условиях разной мелиорированности их бассейнов.

**Исходные материалы и методы исследования**

Основу исследований составили массивы значений расходов по 164 створам рек Беларуси за многолетний (с 1877 по 2000 годы) период инструментальных наблюдений, опубликованных в справочниках по вод-

ным ресурсам, а также в других нормативных источниках и материалах наблюдений. Количество рек-створов по бассейнам крупных рек составило: Припять – 39, Неман – 41, Западная Двина – 23, Днепр – 48, Буг – 13, что, в принципе, соответствует равномерному распределению исследуемых рек-створов по территории Беларуси.

Для каждого из 164 створов анализировалось 12 временных рядов, соответствующих отдельным месяцам года (состоящих из одной-двух непрерывных серий) и сформированных последовательными во времени значениями среднемесячных модулей стока. На данном этапе анализа модулей стока использовался фильтр, исключаяющий серии, содержащие менее 15 членов. В результате использования этого фильтра были исключены 12 рек-створов, имеющие непрерывную длину ряда в одной серии от 7 до 14 лет. Всего исключено 180 серий, содержащих 2028 данных наблюдений, что составило 2,69 % от общего количества анализируемых модулей стока (75374). Итоговый массив включал 1884 непрерывных серий значений средних месячных модулей стока. Длина серий изменялась от 15 до 123 лет при среднем значении 39 лет.

Принимая временные ряды за стационарные, мы использовали следующую методику исследований. В первую очередь был осуществлен переход от расходов к модулям по формуле  $q = Q \cdot 10^3 / A$ , где  $Q$  – среднемесячный расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $A$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>. В пределах одного створа для отдельного месяца определяли значение среднего многолетнего модуля стока (как среднее арифметическое для рассматриваемой совокупности). Затем это значение последовательно вычитали из фактических значений модулей стока в многолетнем ряду. В результате для отдельных месяцев в пределах каждого створа были получены знакопеременные функции (относительно среднего многолетнего значения модуля стока данного месяца). Далее определяли количество перемен знака этой функции для каждого месяца в многолетнем ряду. Затем находили частное от деления всего временного интервала на число перемен знака, которое принимали за среднюю величину полупериода изменения среднемесячного модуля стока для створа. Значение периода, таким образом, определялось формулой

$$T = 2 \cdot \frac{N_k - N_l}{k - l},$$

где  $N_l$  – год первого, а  $N_k$  – последнего перехода через среднее многолет-

нее значение;  $k$  – количество переходов через среднее многолетнее значение на данном временном интервале.

Частное от деления суммы модулей отклонений от среднего значения на число этих значений принимали за амплитуду колебаний среднемесячного модуля стока, т. е. амплитуду определяли в соответствии с формулой

$$A_m = \frac{\sum |Z_f - Z_m|}{n},$$

где  $Z_m$  и  $Z_f$  – среднее многолетнее и фактическое значение модуля стока для данного года, соответственно;  $n$  – количество лет.

Использование данного метода исследования обосновывается его относительной эффективностью, простотой вычислений и применимостью к исследованию цикличности природных процессов [3, 4].

В соответствии с описанным алгоритмом были составлены расчетные блоки для ПК в Microsoft Excel 2000, но при этом каждый этап визуально контролировался. Использование автоматизированных расчетов позволило обрабатывать значительные по объему массивы исходных гидрологических данных и получать статистически состоятельные результаты.

#### **Анализ результатов исследований**

В результате было проанализировано 73346 межгодовых разностей в массиве среднемесячных модулей стока. Средняя величина периода (среднеарифметическое) изменений среднемесячных модулей стока для всего массива оказалась равной 5,30 года, средняя амплитуда – 2,36 л/с с км<sup>2</sup>. При этом использование фильтров на длительность серии (от не менее 15 до 20, 30, 40 и более 50 членов) существенно (разница менее 5 %) не влияло на результат, что позволяет считать полученные значения статистически состоятельными. Дисперсия значений периода составляет 1,86, стандартное отклонение – 1,36, коэффициент вариации – 0,35. Коэффициенты асимметрии и эксцесса составляют 1,16 и 1,30 соответственно, т. е. распределение характеризуется положительными асимметрией и эксцессом относительно нормального распределения.

Затем было произведено разделение исходного массива на реки-створы бассейнов Припяти и Буга и остальные с целью анализа стока рек Белорусского Полесья и для двух полученных массивов получены периоды и амплитуды изменений среднемесячных модулей стока. При этом средние величины периодов составили 5,38 лет для рек Белорусского

Полесья и 5,25 лет для остальных рек, амплитуда – 2,24 л/с с км<sup>2</sup> и 2,42 л/с с км<sup>2</sup>. Гистограммы распределения значений периодов представлены на рис. 1.

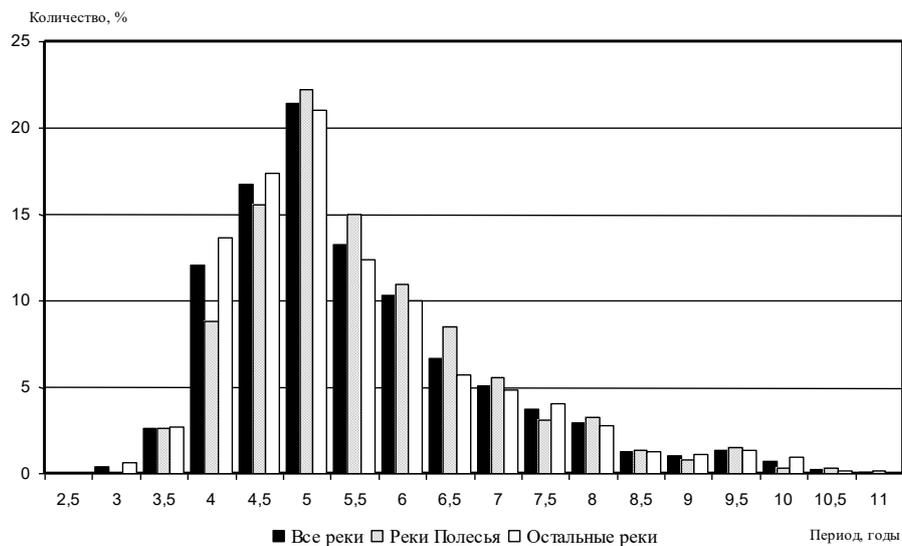


Рис. 1. Гистограммы распределения значений изменений (периодов) модулей стока.

Из рассматриваемой гистограммы становится очевидным абсолютный максимум значений периода, соответствующий примерно 5-летним колебаниям. Изменения с этим периодом в трех анализируемых массивах встречаются довольно часто (21-22%). В обе стороны от значения периода, равного 5 годам, частота встречаемости уменьшается, что в целом соответствует характеру распределения, близкого к нормальному. При этом около 90% всех полученных значений периода сосредоточены в интервале  $5,30 \pm 1,96$  года для всех массивов рек,  $5,38 \pm 1,95$  для рек Полесья и  $5,25 \pm 1,98$  для остальных рек Беларуси.

Полученные в результате исследований амплитудно-периодические характеристики изменения среднемесячных модулей стока для различных месяцев года относительно средних многолетних значений для всей территории Беларуси, Полесья и остальной территории приведены в табл.

Амплитуды изменений среднемесячных модулей стока образуют ход, подобный типовым гидрографам рек Беларуси. При этом внутригодовые изменения амплитуд среднемесячных модулей стока для территории Белорусского Полесья имеют несколько менее выраженную амплитуду в весеннее

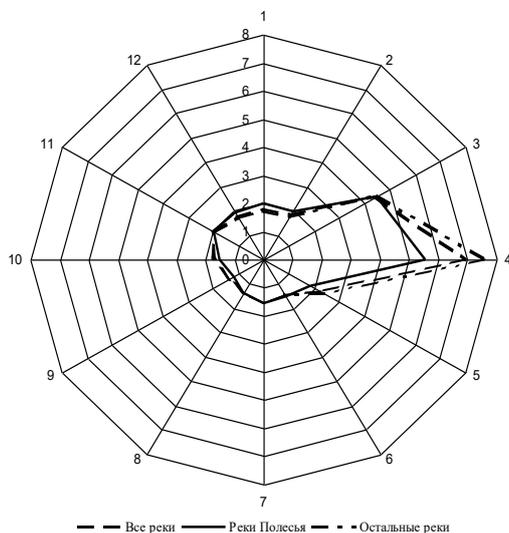
половодье, максимум которой, в целом, наступает в апреле (рис. 2а).

Таблица

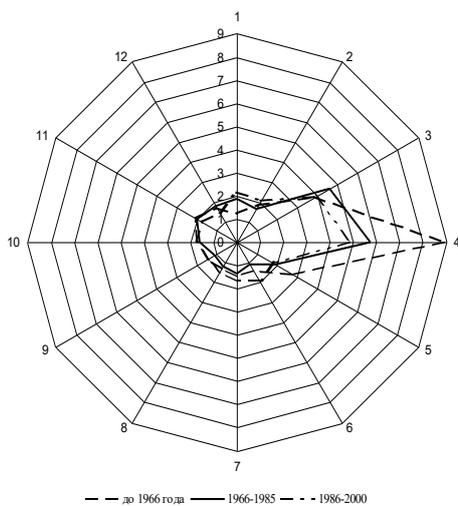
Амплитудно-периодические характеристики квазигодовой изменчивости среднемесячных модулей стока.

Параметр	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Вся территория Беларуси</b>												
Амплитуда, л/с с км <sup>2</sup>	1,81	1,83	4,51	6,94	2,23	1,48	1,54	1,33	1,33	1,68	1,96	1,74
Период, год	5,86	5,44	5,15	5,34	4,76	5,06	5,27	5,64	5,99	5,54	4,94	4,57
Среднее многолетнее значение, л/с с км <sup>2</sup>	3,95	3,92	8,22	16,59	6,85	3,97	3,46	3,13	3,22	3,91	4,66	4,46
<b>Белорусское Полесье</b>												
Амплитуда, л/с с км <sup>2</sup>	2,02	2,02	4,49	5,56	1,83	1,53	1,54	1,33	1,18	1,52	1,98	1,9
Период, год	5,48	5,20	5,59	5,52	5,08	5,15	5,17	5,78	5,92	5,63	5,32	4,75
Среднее многолетнее значение, л/с с км <sup>2</sup>	3,44	3,48	7,49	11,09	4,86	3,14	2,64	2,28	2,30	2,84	3,59	3,76
<b>Остальная территория</b>												
Амплитуда, л/с с км <sup>2</sup>	1,71	1,74	4,52	7,6	2,42	1,45	1,55	1,33	1,40	1,75	1,94	1,67
Период, год	6,04	5,55	4,94	5,25	4,60	5,01	5,32	5,56	6,02	5,5	4,76	4,48
Среднее многолетнее значение, л/с с км <sup>2</sup>	4,17	4,12	8,54	19,04	7,74	4,35	3,83	3,5	3,63	4,39	5,13	4,77

Также проанализирована и амплитуда изменений среднемесячных модулей стока во временном разрезе. Для трех временных интервалов (до 1966 года, 1966-1985, 1985-2000 годы) было произведено разделение исходных рядов модулей стока и рассчитана амплитуда изменения, результаты приведены на рис. 2б.



а)



б)

Рис. 2. Изменение амплитуды годового хода среднемесячных модулей стока рек Беларуси за весь период наблюдений (а) и различные временные

*периоды (б).*

Здесь явно прослеживается более резкое выделение апреля как пикового месяца весеннего половодья в период до 1966 года, т. е. до начала массовых мелиораций на Белорусском Полесье. Затем в последующие два временных интервала с увеличением антропогенного воздействия на речной сток наблюдается уменьшение амплитуды изменения среднемесячных модулей стока. Максимальные значения амплитуды межгодовой изменчивости модулей стока отмечаются для весенних месяцев, а минимальные – для летних, что соответствует весеннему половодью и летней межени в разрезе гидрологического года.

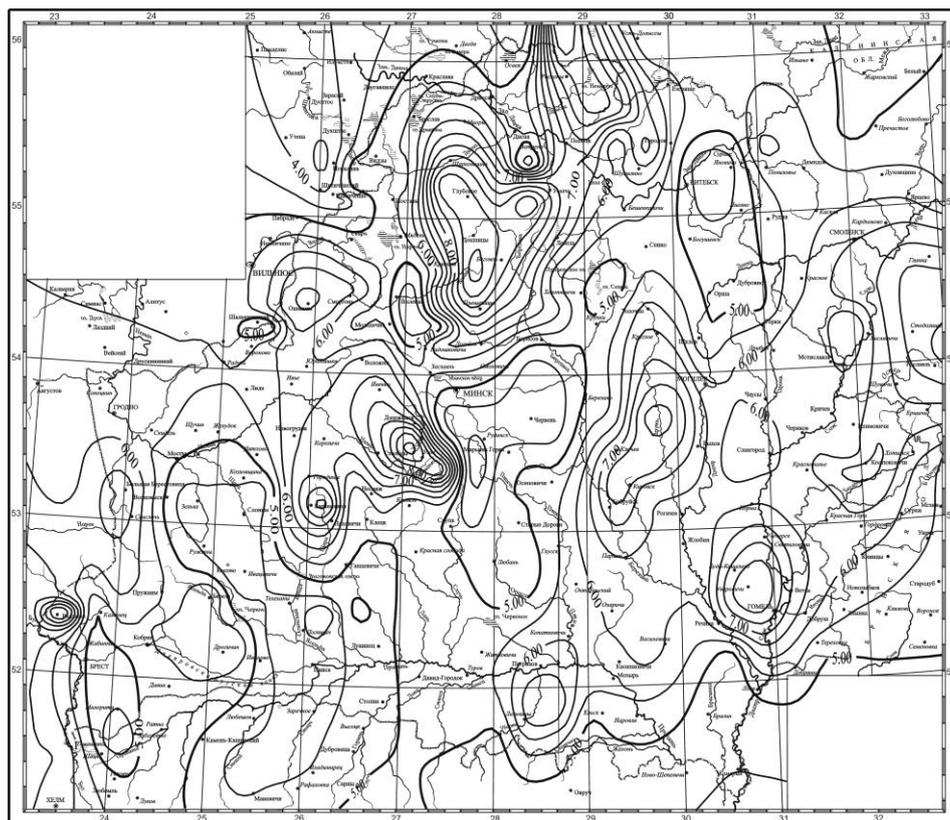
Разность значений амплитуд среднемесячных модулей стока для 21 реки-створа Брестской области для двух временных периодов (домелиоративного и периода интенсивных мелиораций) сопоставлены с относительной величиной мелиорированности площадей водосборов по данным «Полесьегипрорводхоза». Сопоставление показало тенденцию роста разностей значений амплитуд среднемесячных модулей стока с увеличением степени мелиорированности площадей водосборов.

Итак, исследование межгодовой изменчивости среднемесячных модулей стока в соответствии с изложенной выше методикой позволяет установить квазипериодические изменения, близкие к 5 годам.

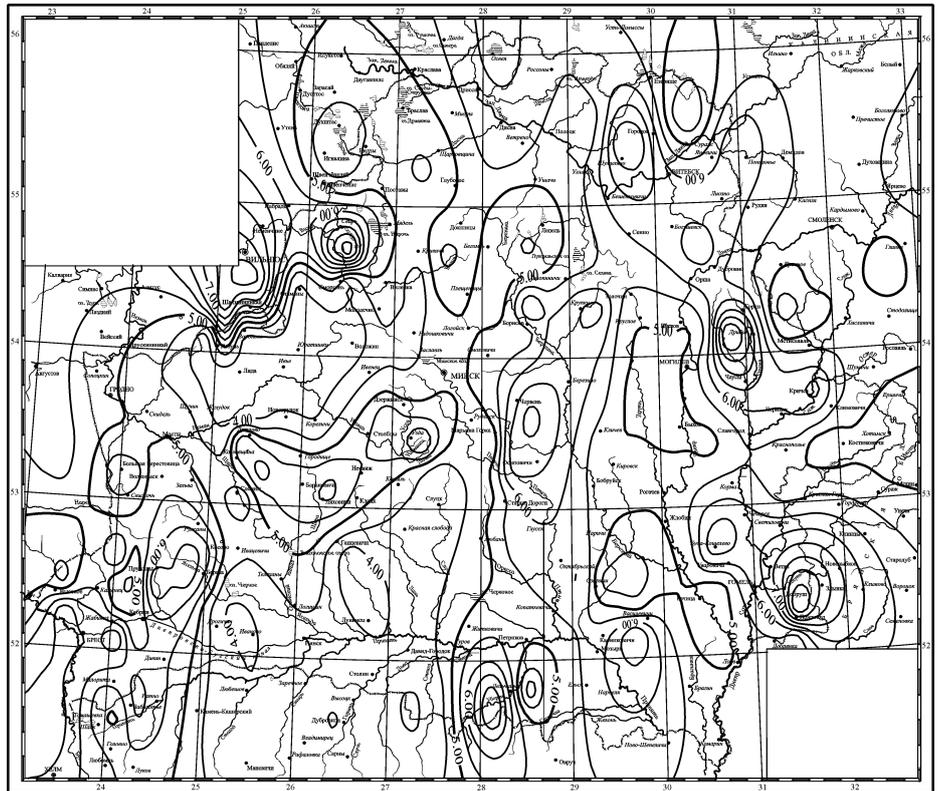
Полученные значения параметров многолетних изменений среднемесячных модулей расхода – периода и амплитуды – позволили картографически представить их пространственную структуру. Были построены карты изменения периода и амплитуды среднемесячных модулей стока для 12 месяцев года (всего 24 карты) по всей территории Беларуси. В качестве примера на рис. 3 и 4 приведены карты распределения периода многолетних колебаний средних значений модулей стока января и июля. Анализ этих двух карт позволил выявить положительную разность длительностей периодов в колебаниях значений модулей стока в январе и июле. Эта разность приведена на рис. 5 в виде карты. Как видно на рис. 5, почти все значения разностей положительные и только на границах Беларуси в некоторых районах наблюдаются отрицательные разности (максимум до  $-2,0$ ). Наблюдаются положительные разности длительности циклов в колебаниях модулей стока в январе, феврале, марте, августе, сентябре, октябре и другие месяцы теплого периода года (май-июль).

Для оценки тесноты влияния внутрирядных связей на длительность доминирующего цикла были построены и проанализированы графические зависимости

сти амплитуды и периода от коэффициентов автокорреляции  $r(1)$  (рис. 6).



*Рис. 3. Распределение периода многолетних колебаний средних значений модулей стока января, лет.*



*Рис. 4. Распределение периода многолетних колебаний средних значений модулей стока июля, лет.*

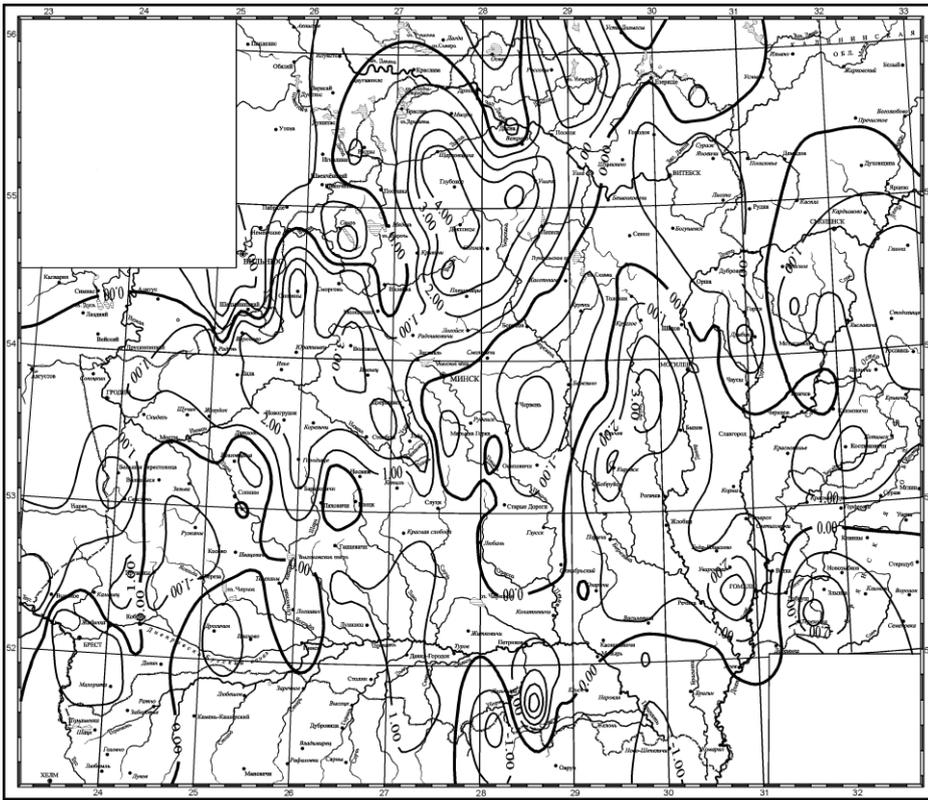
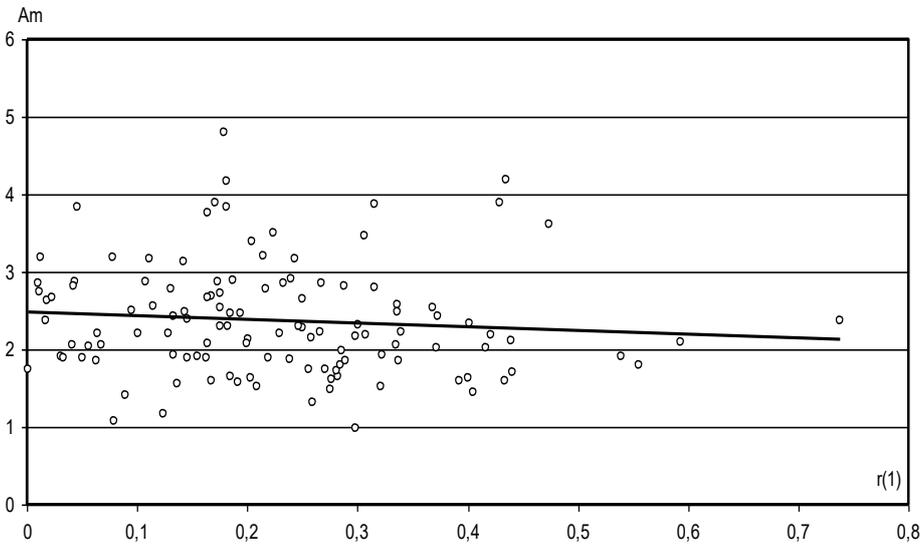
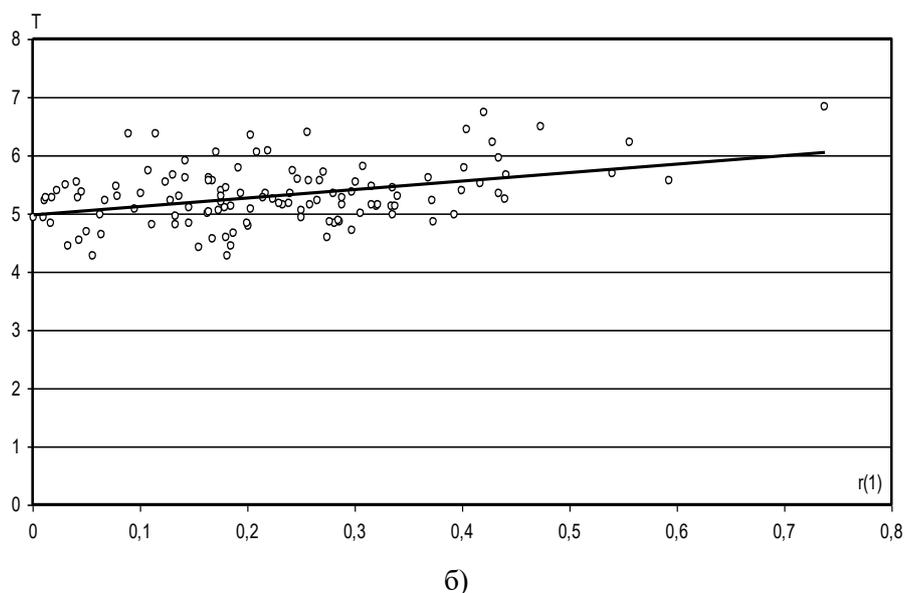


Рис. 5. Разность периодов многолетних колебаний средних значений модулей стока января и июля, лет.



a)



*Рис. 6. Зависимость амплитуд (а) и периодов изменчивости (б) многолетних колебаний средних значений модулей годового стока от коэффициентов автокорреляции.*

Для всех рядов модулей стока рассчитывались коэффициенты автокорреляции для каждого месяца и для среднего годового значения. Наиболее близкая корреляция характерна для средних годовых значений модулей стока. Для среднемесячных значений модулей стока коэффициенты корреляции колебались: для  $A_m = f[r(1)]$  в пределах от 0,053 (декабрь) до 0,389 (сентябрь); для  $T = f[r(1)]$  – от 0,328 (август) до 0,574 (февраль).

### **Заключение**

Таким образом, чем теснее внутрирядная связь, тем меньше амплитуда и больше длительность цикла. Это означает, что при высокой скоррелированности членов ряда в спектре будут доминировать более долгопериодические компоненты. Это обстоятельство необходимо учитывать при поисках причинно-следственных связей в природных рядах. Амплитуда в меньшей степени зависит от тесноты внутрирядной связи, но, тем не менее, имеет место тенденция в появлении больших амплитуд циклов при малой тесноте внутрирядных связей (наличии короткопериодических колебаний).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власова И.Л., Сонечкин Д.М. Квазидвухлетние колебания нижнестратосферных экваториальных ветров за 30 лет // Метеорология и гидрология, 1987, №5, с. 47-55.
2. Гледзер Е.Б. О двухлетней ритмичности глобальных атмосферных процессов и ее нарушениях // Метеорология и гидрология, 1982.№6. с. 16-19.
3. Федоров В.М. Структура многолетней изменчивости климатических элементов и ее локализация // Известия АН. Сер. геогр., 2001, №2, с. 25-31.
4. Федоров В.М. Методы географических исследований // Вестник Моск. Ун-та. Сер.5 географ., №1, 2001, с.16-19.

Казахский научно исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

Государственное научное учреждение  
«Отдел проблем Полесья НАН Беларуси»

### **БЕЛАРУСЬТЕГІ ӨЗЕН АҒЫСЫНЫҢ КӨПЖЫЛДЫҚ ӨЗГЕРІС ҚҰРЫ- ЛЫМЫ**

Геогр. ғылымд. канд.	М.Ж. Бүрлібаев
Геогр. ғылымд. канд.	А.А. Волчек
	В.В. Лукша

*Гидрологиялық ақпаратты талдау Беларусь Республикасы аумағындағы өзен ағысының тұрақты өзгермелілігінің 5 жылға жуық кезеңдегі өлшемдерін (кезеңі мен амплитудасын) анықтауға мүмкіндік береді. Кезеңнің мөлшерлерінің (құндылықтарының) статистикалық сипаттамалары және орташа өзен ағысының бір айлық өзгермелілігінің жыл сайынғы амплитудасы ерекшеліктері алынған.*

УДК 628.1/3+504.054(574.24)

**ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ АКМОЛИНСКОЙ  
ОБЛАСТИ, Г. АСТАНЫ, ПРИГОРОДА И ПРОБЛЕМА  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

А.Е. Джундибаев

В.О. Чередов

*На основе экспедиционных исследований Института географии РК сделаны выводы о современном экологическом состоянии водотоков, используемых для водоснабжения г. Астана пресной водой. Рассмотрены возможные пути решения проблемы.*

В настоящее время геосистемы исследуемого района подвержены значительному антропогенному воздействию, вследствие развития в регионе промышленного и сельскохозяйственного производства, строительства производственных и коммунально-бытовых объектов. В последнее десятилетие центральной экологической проблемой региона является техногенное загрязнение геосистем. Особое место принадлежит тяжелым металлам, которые в ходе миграции включаются в биологический круговорот, аккумулируются в живых организмах с токсичным воздействием на многие их жизненно важные функции.

В связи с этим остро стоит проблема реализации компенсационных природоохранных мероприятий, задержка с осуществлением которых может привести к распространению техногенного загрязнения в компонентах природной среды всего региона, к развитию негативных социально-экономических процессов. Кроме того, эти мероприятия позволяют прогнозировать вопросы водообеспечения и экологического улучшения основных водоисточников при составлении программ развития отраслей производства, строительных организаций, фермерских хозяйств и других водопользователей и потребителей.

Особенности строения гидрографической сети исследуемого района в значительной мере обусловлены характером ее поверхности. Равнинность центральной части, наряду с расположением по ее периферии возвышенностей, определила основное распределение стока от окраинных частей территории к центру.

Основной водной артерией является р. Ишим с рядом притоков в его среднем течении (Терсаккан, Боксык, Шаггалалы, Колутон), стекающих на севере с Кокшетауской возвышенности, а на юге - с отрогов гор Улытау. К бассейну р. Ишим, имеющей общий сток, доносимый до р. Иртыш, относится более половины площади рассматриваемой территории. Остальная часть территории принадлежит к области замкнутого стока.

Сюда относится район Тенгиз-Коргалжинской впадины и примыкающих к ней бассейнов рек Нуры, Коланутпес и ряда других водотоков, заканчивающихся в бессточных озерах Тенгиз, Коргалжин, Кирей, Кипшак, Кожаколь и др. Наряду с этим на территории имеется большое количество бессточных и проточных озер, многие из которых связаны со старицами р. Нуры по ее левобережью.

Общее количество рек и временных водотоков длиной более 10 км на территории достигают почти 400, а также свыше 3700 пресных озер [5]. Средний объем годового стока основных рек составляет около  $2,1 \text{ км}^3$ . Часть этого стока, величиной  $1,4 \text{ км}^3$ , формируется непосредственно в пределах области, а остальные  $0,7 \text{ км}^3$  вносятся реками из других областей. Общая средняя годовая величина ресурсов поверхностных вод, состоящая из стока основных рек и вод местного стока, теряющихся на испарение ( $1,2 \text{ км}^3$ ), исчисляется в  $3,5 \text{ км}^3$ , не считая объемов воды в пресных озерах и речных плесах.

Потребность в воде при уровне развития хозяйств и отраслей промышленности, строительства области в настоящее время составляет около  $1,8 \text{ км}^3$ , т.е. примерно половина от потенциальной величины стока поверхностных вод в средний по водности год и в дальнейшем намечается существенный рост водопотребления. Водоснабжение малых городов и рабочих поселков, аулов базируется в основном на поверхностных водах (до 75 %). В объеме сельскохозяйственного водопотребления они составляют 35...40 %. В целом по области обеспечение в той или иной мере пресными подземными водами территории в общем балансе не превышают 35 %.

Максимальное использование имеющихся водных ресурсов территории, а также неизбежные потери на испарение с поверхности водоемов и водосборов в условиях резко континентального климата, возросшее влияние хозяйственной деятельности человека на водосборах рек и озер исследуемого района может привести к нарушению водно-экологического состояния водных объектов и всей геосистемы. Однако путем рационально-организованных и научно обоснованных водохозяйственных мероприятий, предусматривающих комплексное использование поверхностных и подземных вод, необходимое водопотребление для нужд области может быть удовлетворено в полной мере.

Особой заботы и сохранения водных ресурсов требует река Ишим, так как она протекает по густонаселенным районам и ее воды широко используются для водоснабжения населенных пунктов области и смежных областей Северного Казахстана, а сток ее, в основном, формируется в пределах исследуемой территории.

Источником хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Астаны с современной потребностью  $205 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$  и перспективой  $260 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$ , в основном, служат поверхностные воды Вячеславского водохранилища. Подземные воды играют подчиненную роль и составляют около  $1,4 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$

Баланс водопотребления города Астаны на перспективу предусматривается из следующих источников:

- а) Вячеславское водохранилище – забор воды для хозяйственно-питьевых и производственно-технических нужд - 416 тыс. м<sup>3</sup>/сут;
- б) Забор воды из канала Иртыш-Караганда выше Самаркандского водохранилища, протяженность водовода 20 км;
- с) Забор воды на технические нужды, орошение и рыбное хозяйство – 245,1 тыс. м<sup>3</sup>/сут из существующего канала Нура-Ишим [6].

Местных водных ресурсов, с учетом подземных вод недостаточно для удовлетворения г. Астаны и пригорода и лишь хватает на поддержание минимальных требований.

Используемое для водоснабжения Вячеславское водохранилище расположено в верховье реки Ишим, в 40 километрах выше г. Астаны в районе поселка Вячеславки. До проектной отметки (419,4 млн м<sup>3</sup>) водохранилище наполнено в течение 1968...1970 гг. Изменения минерализации воды водохранилища во времени определяются степенью наполнения их паводковым стоком р. Ишим. Поэтому минимальная ее величина 220...406 мг/л в водохранилище наблюдается обычно весной, когда аккумулируется большой объем маломинерализованных паводковых вод. Летом минерализация воды повышается благодаря испарению и увеличению доли грунтовых вод в питании реки и водохранилища. Максимальных значений она достигает зимой и ранней весной перед половодьем.

В проектном водохозяйственном балансе и пропускной способности канала Иртыш-Караганда (КИК), построенном в 1974 году, заложена потребность бывшей Целиноградской области в объеме 180 млн м<sup>3</sup>/год (493 тыс. м<sup>3</sup>/сут). Предполагалось, что необходимую воду область будет получать из канала путем сброса ее в реку Нуру с дополнительной подачей в реку Ишим. В связи с промышленным загрязнением вод р. Нуры и ее донных отложений ниже города Караганды этот способ подпитки оказался невозможным. Поэтому Институтом Казгипроводхоз рассматривается вариант и ведутся проработки по строительству Акмолинской ветки канала Иртыш-Караганда, воды которого в настоящее время по всем показателям соответствуют ПДК ГОСТ «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения» Согласно проекту, вода из КИКа, минуя реку Нуру должна будет подаваться в реку Ишим. Реализация этого проекта только частично погасит все нарастающую потребность Астаны в водных ресурсах.

В августе 1998 г. сотрудниками Института Географии (ИГ) Республики Казахстан были проведены полевые исследования по определению загрязнения природных вод и донных отложений в р. Нура, канале Нура-Ишим и р. Ишим, а также почвогрунтов в пригороде г. Астаны. Были отобраны пробы воды, ила и почвогрунтов: 7 проб воды на общий химанализ, 7 проб воды на ртуть и тяжелые металлы, 7 проб иловых отложений на определение тяжелых металлов и ртуть. Были открыты 4 шурфа с 4,5 га земель и отобраны 36 проб грунта. Из этих проб был проведен спек-

тральный анализ на тяжелые металлы в институте Геологических наук им. К. Сатпаева.

При исследовании проведен обзор ранее выполненных работ по рассматриваемому вопросу и региону. По бассейну р. Нура и междуречью Нура-Ишим имеются исследования ИГ РК (1987...1994 гг.), Научно-исследовательского института Технологии и Металлургии (НИИНХТиМ), Казахского Государственного Университета, Казахской Государственной Архитектурно-строительной Академии (Каз ГАСА), Института Минералогии, Геохимии и Кристаллографии (ИМГРЭ) Российской АН и др. Результаты данных исследований и последнего обследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Химический состав и качество воды р. Нура в верховье в районе г. Темиртау определяется в основном качеством воды канала Иртыш-Караганда, который, главным образом, питает реку. Из всех наблюдаемых данных следует, что превышение концентрации нефтепродуктов доходит до 3 ПДК, меди - до 5 ПДК, фенолов - до 2 ПДК (по среднегодовым значениям), содержание остальных загрязняющих веществ в пределах ПДК. Минерализация воды варьирует от 0,3 до 1,5 г/дм<sup>3</sup>, вода чаще хлоридного класса, группа натрия. Вода р. Нура от слияния с водой канала Иртыш-Караганда до Самаркандского водохранилища имеет общую минерализацию в среднем 0,76 г/ дм<sup>3</sup> (0,3... 1,1 г/ дм<sup>3</sup>) и относится к гидрокарбонатному классу, а в остальных фазах водного режима к хлоридному, группа натрия или кальция. На состав воды р. Нура перед впадением в Самаркандское водохранилище оказывает влияние загрязненный сток ее притока - р. Кокпекты с организованным сбросом сточных вод, где главным источником загрязнения выступает ж/д станция Караганда-сортировочная.

В Самаркандское водохранилище непосредственный сброс производят предприятия: Карагандинский Металлургический Комбинат (КМК), ТЭЦ-2, ГРЭС-1 г. Темиртау и АО "Карбид". Минерализация в Самаркандском водохранилище варьирует в пределах от 0,6 до 1,25 г/ дм<sup>3</sup>. Преобладающими ионами являются хлор и натрий. Жесткость от умеренно-жесткой до очень жесткой. Содержание микроэлементов колеблется в пределах: бром - до 4 ПДК, бор - до 3,5 ПДК, нефтепродукты - до 1,7 ПДК, фенолы - до 1,6 ПДК, смолы - до 4 ПДК. Ртуть на поверхностном слое водохранилища наблюдается в пределах допустимых норм, у дна - до 1,6 ПДК.

Ниже плотины Самаркандского водохранилища содержание ртути в воде в 2 раза ниже ПДК, т.е. из-за подвижности этого элемента происходит его трансформация. А концентрация других химических элементов, перечисленных выше, сохраняется в тех же пропорциях.

Ниже Самаркандского водохранилища, в районе пос. Чкалова осуществляется сброс сточных вод в русло р. Нура ПО "Карбид" и КМК. В створе сброса сточных вод минерализация воды колеблется в пределах от 0,9 до 1,1 г/ дм<sup>3</sup>, основные ионы варьируют в пределах нормы. Концентрация микроэлементов следующая: фтор - до 1,3 ПДК, бром - до 4 ПДК, бор - до 2 ПДК, железо - до 1,2 ПДК, ртуть - до 2,4 ПДК, натрий и нитраты - до 2 ПДК.

По индексу загрязненности воды (ИЗВ) вода р. Нура до г. Темиртау относится к загрязненным водным объектам (4 или 3 класс), в районе сброса сточных вод - к грязным объектам (5 класс), ниже по течению качество воды изменяется от загрязненной (4 класс) до умеренно-грязной (3 класс) - в районе водозабора в канале Нура-Ишим.

Следующим крупным источником загрязнения воды р. Нура является ее левый приток - р. Шерубай-Нура, по руслу которой происходит сброс сточных вод в течение всего года с предприятий городов Шахтинска, Актасты, Сарани, Абая и др.

2. Исследования донных отложений в руслах рек и водохранилищах показывают, что в них происходят осаждение сульфатов, кальция, магния, ртути и цинка. При возникновении определенных условий и большой интенсивности взаимодействия иловых отложений с водными массами (при паводках, сбросах из водохранилищ), донные отложения могут стать источником вторичного загрязнения ртутью и другими элементами.

Научные исследования ИМГРЭ РАН, НИИИНХТиМ КазГУ, КазГАСА показывают, что в русле реки Нура сформировался новый тип аллювиальных отложений - техногенные ртутьсодержащие илы, отличающиеся от обычных илов по ряду параметров, в том числе и по цвету. Большая часть ртути в них находится в виде подвижных форм: сульфатной (2 %), оксидной (60 %) и элементарной (20%).

3. Исследования почвогрунтов свидетельствуют о том, что почвы поймы реки Нура ниже плотины Самаркандского водохранилища загрязнены ртутью на всем протяжении с концентрацией от 500 мг/кг (250 ПДК) у пос. Чкалова, до превышения фоновых значений у Коргалжинских озер. Материалы Акмолинской областной СЭС (июнь, июль 1998 г) показывают, что в зоне русла (1...10 м от берега канала) канала Нура-Ишим содержание ртути в почве не наблюдается, а в районе водозабора в канал (пойма р. Нура) содержание ртути в почве варьирует от 0,61 мг/кг до 0,117 мг/кг.

4. Проведенный спектральный анализ приведенных свежееотобранных проб (36 проб) почвогрунтов в пригороде г. Астаны (старый аэропорт), показывает, что из 24 элементов, которые определялись, были обнаружены только 10 элементов. Из них *Co* и *Cr* в некоторых точках значительно превышало кларк (среднее содержание в земной коре); а *Cu*, *Pb*, *Zn* - следы, *Ni*, *V*, *Ba*, *Sr* - ниже кларка; *Mo*, *Sn*, *Si*, *Sb*, *As*, *Cd*, *Tl*, *An*, *Ag*, *Th*, *U*, *Ta*, *Te*, *Hg* - отсутствуют.

5. Результаты химического анализа воды и иловых отложений проб, проведенных в Акмолинской областной СЭС показывают, что в воде р. Нура у с. Романовка сухой остаток превышает ПДК в 1,25 раза, магний в 1,6...2 раза, железо общее - в 1,3...1,6 раза, сульфаты - в 3 раза, ртуть - в 2...6 раз. В иловых отложениях тяжелые металлы в пределах ПДК, ртуть в пределах нормы. В канале Нура-Ишим в воде сухой остаток превышает ПДК в 1,25 раза, магний - в 1,6...1,8 раза, общее железо - в 1,6...2,5 раза, сульфаты в 3 раза, ртуть не обнаружена, в иловых отложениях тяжелые

металлы и ртуть в пределах ПДК. В р. Ишим вода по качеству в пределах ПДК, в иловых отложениях тяжелые металлы в пределах ПДК или не обнаружены, ртуть не обнаружена [2, 7].

Если бы в настоящее время существовал простой в реализации и относительно не дорогостоящий проект очистки русла реки Нуры и ее вод от ртутьсодержащих илов, масса которых уже сегодня исчисляется миллионами тонн, потребность столицы в ресурсах пресных вод можно было бы компенсировать путем реализации указанного выше проекта сброса вод из КИ-Ка. Даже если очищенные воды реки использовать только для технических нужд, потребность столицы будет в значительной мере компенсирована. Однако, проблема усугубляется еще и тем, что ртуть преобразованная спонтанной речной микрофлорой в легкорастворимые и подвижные соединения распространяется на все большие пространства. Имеются свидетельства обнаружения ртути и ее метилртутных соединений в грунтах бассейна р. Нуры вниз по течению от города Темиртау. На отдельных участках даже отмечалось небольшое превышение фоновых значений концентраций ртутных паров в приземном слое воздуха(!). Следовательно, опасны уже не только илы накопленные в русле за многолетний период, а и подземные воды бассейна, имеющие контакт с зараженными грунтами.

На сегодняшний день предлагается несколько путей решения проблемы загрязнения реки Нуры ртутью. Один из предлагаемых проектов оптимизации состояния бассейна р. Нуры состоит в отведении вод реки по искусственному каналу и выемке ртутьсодержащих илов из естественного русла. Другой проект предполагает внесение в реку веществ способных поглотить или нейтрализовать ртуть (т.е. перевести ее в безвредные формы). Такими веществами являются иониты (см. далее), уголь и сульфаты. Так, например, для поддержания скорости метилирования ртути в илах р. Нура на более безопасном уровне необходимо внесение избыточного количества сульфатов (например, гипса).

Однако все эти проекты не будут иметь успех, если не контролировать сброс в реку органических веществ, которые могут служить питанием для метилобразующих микроорганизмов. Даже при реализации перечисленных проектов, необходимо совершенствовать очистные сооружения на загрязняющих реку производствах. Перспективны в этом отношении уже упомянутые иониты.

Разработанные во Всесоюзном научно-исследовательском институте волокон (ВНИИВ) иониты представляют собой гранульные или волокнистые материалы – смолы, получаемые на основе синтетических полимеров [1, 4]. Если пропускать воду через слой катионита, то ионы натрия в нем будут обмениваться на ионы металлов, содержащиеся в воде и придающие ей вредные свойства.

Иониты могут применяться при очистке р. Нуры от ртутьсодержащих соединений. Применение волокнистых ионитов, в виде текстильных материалов позволяет легко осуществить контролируемое передвижение в водной среде. Подходящими формами ионитов могут быть сети, ленты,

маты и т. д. Разумеется, такой способ в нашем случае не может быть достаточным и должен применяться в совокупности с прочими мероприятиями. Например, вместе с удалением антропогенных илов из русла реки и внесением в воду сульфатов (например, гипса), для поддержания скорости метилирования ртути в илах р. Нура на более безопасном уровне и выполнение ограничений на сброс в реку органических веществ, которые могут служить питанием для метилирующих ртушь микроорганизмов.

В технологических сточных водах в виде анионов наиболее часто встречаются элементы 5-й и 6-й побочных подгрупп. Многие из этих элементов весьма токсичны. По этой причине указанные элементы подлежат обязательному удалению из сточных вод. Методы химического осаждения здесь без предварительного восстановления анионов до более низких степеней окисления не пригодны. Ионный же обмен позволяет извлекать эти ионы достаточно эффективно [3].

Обеспеченность водными ресурсами исследуемого района определяется местными климатическими условиями, гидрографической сетью и в большей степени водностью рек Ишим и Нура.

Результаты полевых и аналитических исследований поверхностных вод, иловых (донных) отложений р. Нура, канала Нура – Ишим, р. Ишим, а также почвогрунтов в пригороде г. Астаны показали, что содержание основных катионов и анионов, а также тяжелых металлов варьируют в небольших пределах (от 0 до 3 ПДК). Содержание ртути в воде р. Нура изменяется до 6 ПДК. Ингредиенты в воде р. Ишим соответствуют предельно-допустимым концентрациям. Вода р. Нура и канала Нура – Ишим без предварительной очистки не пригодна как для полива, так и для хозяйственных целей. Необходимо произвести тщательные экспедиционные исследования по всему рассматриваемому району с определением всех необходимых анализов по возможности на месте отбора проб и с привлечением соответствующих специалистов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базарбаев С.К., Бурлибаев М.Ж. и др. Современное состояние загрязнения основных водотоков Казахстана ионами тяжелых металлов. – Алматы: Каганат, 2002. – 186 с.
2. Достай Ж. Д., Джундибаев А. Е. Состояние природных вод, донных отложений, почв в пригороде г. Астана (р. Нура, канал Нура-Ишим, р. Ишим) // ИГ МН-АН РК. – 1998. – 22 с.
3. Илющенко М.А., Хевен С.Н., Тантон Т.В. Проблемы демеркуризации реки Нуры в Центральном Казахстане – Иркутск: Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН, 2000. – 378 с.
4. Материалы второго Беремжановского съезда по химии и химической технологии. Вестник КазГУ. Серия химическая. № 5, 1999. С.18-21.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР: В 13 т. Т. XIII, вып. 1. Центральный и Южный Казахстан. Карагандинская область. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 482 с.

6. Смоляр А.П Водные ресурсы Казахстана (поверхностные и подземные воды, современное состояние): справочник. – Алматы: Ғылым, 2002. – 628 с.
7. Сомова И.А., Мясникова Р.И. и др. Выполнение аналитических исследований почвенных проб на содержание тяжелых металлов и других токсикантов (объект г. Астана) // ГНПОПЭ Казмеханобр. – 1998. – 17 с.

Институт Географии МОН РК  
РГП «Казгидромет»

**АҚМОЛА ОБЛЫСЫН, АСТАНА ҚАЛАСЫ МЕН ҚАЛА МАҢЫН СУ  
РЕСУРСТАРЫМЕН ҚАМТАМАСЫЗДАНДЫРУ ЖӘНЕ ЖЕР БЕТІ  
СУЛАРЫНЫҢ ЛАСТАНУ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

А.Е. Джундибаев  
В.О. Чередов

*ҚР География институтының экспедициялық зерттулерінің негізінде Астана қаласын тұщы сумен қамтамасыздандыру үшін пайдаланылатын су көздерінің қазіргі экологиялық жағдайы жөнінде қорытындылар жасалынған. Мәселерді шешудің мүмкін жолдары қарастырылған.*

УДК 551.482.2+556.16(282.255.2)

**ОЦЕНКА СВЯЗЕЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СТОКА РЕК С ИЗМЕНЕНИЕМ ТИПОВ АТМОСФЕРНОЙ  
ЦИРКУЛЯЦИИ ПО Б.Л. ДЗЕРДЗЕЕВСКОМУ**

Б.Б. Айтымова

Канд. геогр. наук Г.С. Ахметова

А. Мамырбекова

Айс Турсунова

*Рассмотрена оценка влияния атмосферной циркуляции на сток р. Или и Сырдарьи. Показано, что ее изменения на 3-5 лет опережают изменения речного стока. Эта закономерность может быть использована для прогноза тенденции изменения стока этих рек на ближайшую перспективу.*

Одним из климатообразующих факторов является общая циркуляция атмосферы. Существует ряд типизаций атмосферных процессов, например, Ю.Б. Храброва, Е.Н. Блиновой, А.А. Гирса-Г.Я. Вангенгейма, Б.Л. Дзердзеевского и т.д. Для выявления особенностей изменения циркуляционных условий в 20-ом столетии нами были использованы данные, полученные в результате применения типизации Б.Л. Дзердзеевского при классификации синоптических процессов. Согласно этой типизации всё многообразие синоптических ситуаций может быть сведено к 41 элементарному циркуляционному механизму (ЭЦМ) [6]. В отличие от других она обладает рядом преимуществ. Эта типизация рассматривает циркуляционные процессы на всем северном полушарии от полюса до экватора и, учитывая основные особенности теплообмена между высокими и низкими широтами, океанами и континентами, дает более детальное описание синоптических процессов над всем северным полушарием. Типизация основана на количестве и направлении арктических вторжений, а также выходов южных циклонов [1].

Сорок один тип ЭЦМ разбит на 3 класса: I – «зональные» типы ЭЦМ; II – «нарушение зональности»; III – «меридиональная циркуляция». Класс I наблюдается в тех случаях, когда полярный антициклон развит ещё слабо, нет вторжений холодных масс воздуха в область низких широт

и блокировок западного переноса. Сюда отнесены типы ЭЦМ: 1а, 1б, 2а, 2б, 2в – всего в классе I получается 5 ЭЦМ.

Ко второму классу – «нарушение зональности» отнесены случаи, когда полярный антициклон развит настолько, что осуществляется одно вторжение холодных масс воздуха в средние широты. «Кольцо» циркумполярного вихря разрывается в одном месте, где происходит блокировка Западного переноса. Здесь различают подклассы ЭЦМ: 3, 4а, 4б, 4в, 5а, 5б, 5в, 5г, 6, 7ал, 7аз, 7бз, 7бл. Всего в классе II получается 14 типов ЭЦМ. Оба класса I и II часто объединяются и называются зональным типом циркуляции атмосферного воздуха. Всего здесь получается 19 типов ЭЦМ.

К третьему классу III «меридиональная циркуляция» отнесены случаи, когда полярный антициклон приобретает такую силу, что может быть осуществлено от 2-х до 4-х вторжений холодных масс полярного воздуха на средние широты. Здесь следующие подклассы: 8а, 8бз, 8вл, 8гз, 8гл, 9а, 9б, 10а, 10б, 11а, 11б, 11в, 11г, 12а, 12бз, 12бл, 12вз, 12вл, 12г, 13з, 13л. Всего получается 22 типа ЭЦМ. Эти все типы ЭЦМ регулярно повторяются и чередуются в определённом порядке, обуславливая устойчивость климата Земли [2, 6].

Из 41 типа ЭЦМ были выбраны те типы ЭЦМ, которые, как нам представлялось, обуславливают заток влажного воздуха на юго-запад Средней Азии и юго-восток Казахстана. Эти процессы способствуют накоплению осадков, и, как следствие, влияют на сток.

В данной работе рассмотрено влияние на приток воды 3-х водохранилищ на р. Сырдарья. Благодаря научному сотрудничеству Института географии МОН РК и лаборатории климатологии Института географии Российской Академии наук стало возможным дополнить имеющиеся опубликованные материалы новыми данными о повторяемости дней каждого из 41 типа циркуляций до 2000 г.

Специальные исследования по апробации ЭЦМ, которые были выполнены ранее самим Б.Л. Дзердеевским и сотрудниками отдела климатологии ИГ АН России, а также независимо от них другими климатологами, показали высокую результативность использования предлагаемой типизации [1, 2, 4, 6]. Имеется также удачный опыт применения типизации ЭЦМ в гидрологических расчётах [3]. Мы попытались провести такой эксперимент с данными по притоку воды в зону формирования стока р. Сырдарья.

Для анализа были выбраны определенные типы ЭЦМ и подсчитана сумма повторяемости дней каждой ЭЦМ за каждый год с 1879 по 2000 г.

Всего типов	Типы ЭЦМ
23	1а, 1б, 2а, 2б, 2в, 3, 4а, 4б, 5в, 7аз, 7ал, 7бз, 7бл, 8а, 8бз, 8бл, 8вл, 9а, 9б, 11а, 11в, 11г, 12 вэ

По полученным суммам повторяемости дней ЭЦМ для анализа были выбраны 5-летние осреднения и построены графики их многолетнего хода, представленные на рис. 1.

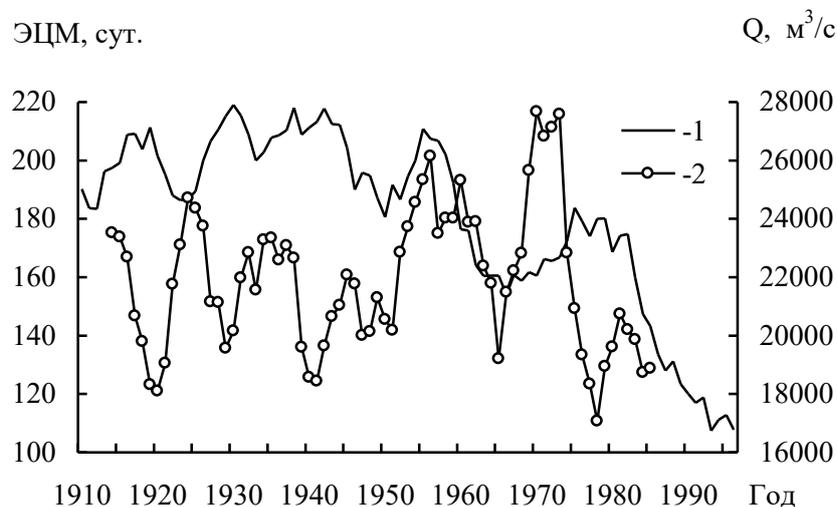


Рис. 1. Ход 5-летних скользящих: суммы повторяемости суток ЭЦМ (1) и притока воды в 3 водохранилища на р. Сырдарья (2).

Для сравнения с ходом ЭЦМ и анализа нами был выбран суммарный приток воды к 3-м водохранилищам на р. Сырдарья: Токтогульское, Андijanское, Шарвакское, осредненный за 5 лет. Для установления наличия и тесноты связи между выбранными типами ЭЦМ и притоком воды в водохранилища рассчитывались коэффициенты корреляции со смещением  $\Delta\tau$  и построен график зависимости  $\Delta\tau$  и коэффициента корреляции (см. Рис. 2).

Проанализировав эти график можно сделать выводы о том, что наибольшие коэффициенты корреляции ЭЦМ относительно суммарного стока 3-х водохранилищ находятся в интервале смещения  $\Delta\tau = 12...14$  лет. Коэффициенты корреляции изменяются от  $-0,7$  до  $+0,38$ , т.е. можно говорить о наличии определенной связи между притоком 3-х водохранилищ на р. Сырдарья и ЭЦМ. Однако значения коэффициентов корреляции получились небольшие, следовательно, данная группа типов ЭЦМ не полностью определяют величину притока в 3 водохранилища на р. Сырдарья, необходимо в дальнейшем продолжать поиск стокообразующих типов ЭЦМ.

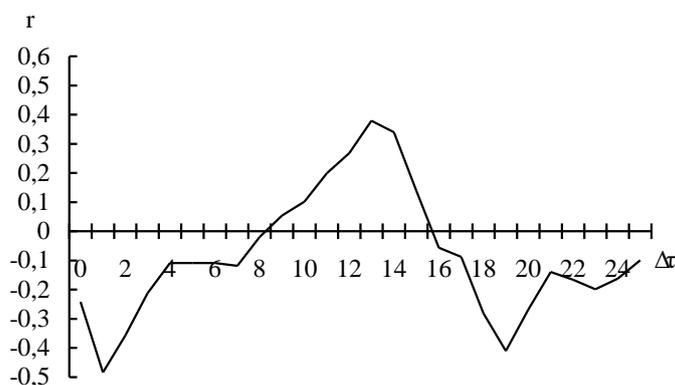


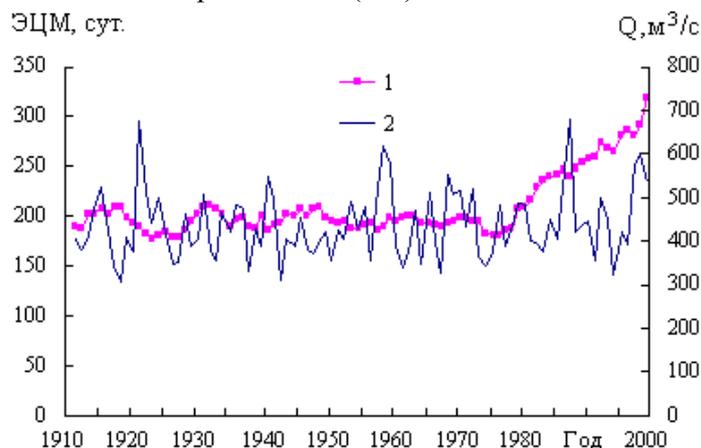
Рис. 2. *Ход корреляционной функции притока воды в водохранилища на р. Сырдарья и суммы повторяемости суток ЭЦМ.*

Трансграничная река Или является второй среди десяти крупных рек Республики Казахстан. По величине речного стока - т.е. возобновляемых водных ресурсов она занимает третье место после рек Сырдарья и Иртыш. Бассейн р. Или входит в более крупный гидроэкологический регион Балхаш-Алакольских озёр, называемый Семиречьем и занимающий Юго-восток Казахстана. Река Или является крупнейшим притоком озера Балхаш и обеспечивает 80 % приходной статьи водного баланса этого внутриконтинентального водоёма. Около 40 % водосборной площади р. Или расположено в пределах СУАР КНР, где формируется более 70 % речного стока.

В последние годы сток р. Или, поступающий из сопредельной территории, КНР ощутимо уменьшается, что вызывает обоснованную тревогу общественности и правительственных кругов Казахстана за судьбу оз. Балхаш, потому что из-за недостатка воды, его может постигнуть участь Аральского моря. Устойчивое развитие богатого природными ресурсами, но аридного Семиречья тоже во многом определяется водными ресурсами р. Или. Их величины в последние годы определяется двумя факторами: изменениями температуры воздуха и атмосферных осадков, определяющими величину увлажнения и испарения в пределах водосборной площади этой реки, а также увеличивающимся воздействием хозяйственной деятельности людей, проживающих на рассматриваемой территории. В настоящее время уровень оз. Балхаш повышается, но качество воды его притоков ухудшается за счет загрязнения рек, в которые сбрасываются отходы хозяйственной деятельности.

Целью работы является анализ многолетнего ряда стока р. Или и его оценки на ближайшую перспективу. Расчёты производились за период с 1911 по 2000 гг. по четырем гидрологическим постам расположенным на р. Или: 164 (171) км выше Капшагайской ГЭС, ур. Капшагай, с. Ушжарма, ур. Кайерган. Результатом явились параметры распределения годового стока: норма, коэффициенты вариации и асимметрии [5]. Ошибки вычисления нормы стока колеблются в пределах 2...3 %.

Проведенный анализ показал что из сорока одного типа ЭЦМ для наших целей могут быть отобраны только 16 типов, обуславливающих за-токи влажного воздуха на территорию Юго-Восточного Казахстана - бас-сейн реки Или. Показателями этой группы ЭЦМ является годовая сумма числа дней, в которые наблюдались указанные типы. В качестве характери-стики стока р. Или была принята его величина в км<sup>3</sup> в год. На рис.3. приве-ден совмещенный график изменения осредненных по скользящим пятилет-иям значений повторяемости атмосферной циркуляции по Б.Л. Дзердзеев-скому и годового стока р. Или - 164 (171) км выше Капшагайской ГЭС



*Рис.3. Изменение осредненных по скользящим пятилетиям значений повторяемости атмосферной циркуляции по Б.Л. Дзердзеевскому (1) и годового стока р.Или – 164 (171) км выше Капшагайской ГЭС (2).*

.На рис.3 видно, что колебания указанных характеристик не синхронны. Запаздывание основных фаз изменение годового стока р. Или по сравнению с фазами числа дней в году для выбранных ЭЦМ составляет 3...5 лет и 13...14 лет.

С целью установления связи между суммарным числом дней в го-ду для выбранных ЭЦМ и стоком р. Или была рассчитана взаимная корреляционная функция указанных характеристик с временным сдвигом от

нуля до двадцати лет (рис.4) Значение коэффициентов корреляции этой функции сравнительно невелики и не превышают  $R = \pm 0,5$ .



*Рис.4. Взаимная корреляционная функция характеристики атмосферной циркуляции по Б.Л. Дзердзеевскому и годового стока р. Или – 164 (171) км выше Катшагайской ГЭС.*

Установленные закономерности изменения годового стока р. Или по сравнению с изменением годового числа дней с выбранными типами ЭЦМ могут быть использованы для оценки тенденции изменения стока р. ИЛИ на ближайшую перспективу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметова Г.С. Роль циркуляционных условий в атмосфере в изменении температуры воздуха над северным полушарием за период с 1899 по 1987 год. /сб. материалов конф., Географическая наука в Казахстане: результаты и пути развития. – Алматы: НИЦ «Гылым», 2001. – С. 97-101.
2. Власенко Е.Ф., Бондарь Г.М. Циклонические процессы и их влияние на Аральское море //Проблемы бассейна Аральского моря. Исследования, проекты, предложения. Ташкент, 1998. С. 11-16.
3. Золотокрылин А.Н., Хмелевская Л.В. Атмосферная циркуляция и осадки в бассейне Арала в текущем столетии. // Известия АН, серия географ. Природные процессы и динамика геосистем, 1999. - № 5. - С. 30-33).
4. Отчет XV.2.2.1: Оценить водные ресурсы трансграничной реки Или с учетом климатических изменений и разработать принципы их охраны и совместного использования. Часть 2. - Типизация циркуляционных процессов

в атмосфере по Б.Л. Дзердзеевскому и их использование в гидрологических расчетах стока реки Или. - Алматы: Институт географии, 2002.

5. Практикум по дисциплине «Гидрологические расчеты» Ч. 1, - Алматы: Казак университеті, - 2000.- 236 с.
6. Савина С.С. Хмелевская Л.В. Крупномасштабные атмосферные процессы на северном полушарии // Материалы метеорологических исследований. 1987. № 13. С.1-122.
7. Турсунов А.А. От Арала до Лобнора. Гидроэкология бессточных бассейнов Центральной Азии – Алматы: ТОО «Верена», - 2002. - С. 42 - 48.
8. Турсунов А.А., Ахметова Г.С. Условия современного изменения климата в Центральной Азии и влияние Аральского моря // Сб. докладов Международной научно-практической конференции.- Алматы: Казак университеті, - 2001. - С. 178-184.

Институт географии МОН РК

Казахский научно-исследовательский институт

мониторинга окружающей среды и климата

Казахский национальный университет им. аль – Фараби.

**Б.Л. ДЗЕРДЗЕЕВСКИЙ ӘДІСІ БОЙЫНША ӨЗЕН АҒЫСТАРЫНЫҢ  
ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ АТМОСФЕРАЛЫҚ  
АЙНАЛЫМ ТҮРЛЕРІМЕН БАЙЛАНЫСЫН БАҒАЛАУ**

Б.Б. Айтымова

Геогр. ғылымд. канд.

Г.С. Ахметова

А. Мамырбеко-

ва

Айс Турсунова

*Атмосфералық айналымның Іле және Сырдария өз. ағысына ықпалы қарастырылған. Оның өзгерістерінің өзен ағысының өзгерісінен 3-5 жыл ілгерілігі көрсетілген. Бұл заңдылықты осы өзендер ағысының жақын келешектегі өзгеріс тенденциясын болжау үшін қолдануға болады.*

УДК 551.324.6

**ЛЕДНИК ТУЮКСУ: РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ  
СЪЕМОК 1958 И 1998 гг.**

Доктор геогр. наук    Е.Н. Вилесов  
                                  В.И. Морозова

*На основе картометрического анализа топоизображения ледника Туюксу по съемкам немецких специалистов в 1958 и 1998 гг. фиксируются изменения его гляциоморфометрических показателей за 40 лет.*

В 1958 г. в рамках исследований Заилийской ледниковой экспедиции АН КазССР по программе Международного геофизического года геодезистами из Германской Демократической Республики была проведена крупномасштабная стереофотограмметрическая (фототеодолитная) съемка горно-ледникового бассейна Туюксу в верховьях р. Малой Алматинки. По результатам этой съемки составлена карта бассейна Туюксу в масштабе 1:10 000 (с сечением горизонталей через 10 м), изданная в Дрездене (ГДР) в 1961 г. [11]. Ее авторы – Н. Hartmann, М. Simon и У. Тоерплер. Эта карта на долгие годы стала надежной топоосновой для расчета различных режимных и балансовых характеристик поверхности ледника.

Ровно через 40 лет, летом 1998 г., аналогичную съемку ледников Туюксу произвели специалисты Института фотограмметрии и картографии Мюнхенского технического университета и комиссии по гляциологии Баварской Академии наук К. Eder, Т. Geiss и Н. Rentsch. При этом плановые и высотные координаты 45 опорных точек были определены тригонометрически, а для 17 пунктов – с помощью портативного комплекта приборов GPS. В итоге этих работ появилась новая карта района Туюксу того же масштаба, опубликованная на русском и немецком языках в Мюнхене (ФРГ) в 2001 г. [5].

Сопоставление цифровой модели местности 1998 г. с картой 1958 г. позволило выявить изменения контуров, морфологии и морфометрии, площадных и объемных размеров всех 10 ледников района за 40 лет. Результаты этого сравнения по каждому леднику приведены в работе [10].

Настоящее же наше сообщение посвящено анализу изменений, произошедших за эти годы, с главным в этом бассейне долинным ледником Туюксу, входящим в глобальную сеть Мировой службы мониторинга ледников. Результаты расчетов по изменению площадей, высоты поверхности и потерь объема льда по 50-метровым высотным интервалам и по леднику в целом, по данным [10], представлены в табл. 1.

Таблица 1

Изменение морфометрических показателей ледника Туюксу с 1958 по 1998 г. (по [10])

Высотная зона, м	Площадь в 1958 г., м <sup>2</sup>	Площадь в 1998 г., м <sup>2</sup>	Разность площадей, м <sup>2</sup>	Разность высот, м	Разность объемов, м <sup>3</sup>
3350...3400	25 472	0	-25 472		-1 221 020
3400...3450	99 264	33 664	-65 600	-53,319	-5 060 590
3450...3500	156 608	78 528	-78 080	-40,037	-5 549 310
3500...3550	163 712	140 096	-23 616	-30,969	-5 210 560
3550...3600	240 896	152 128	-88 768	-21,520	-4 242 050
3600...3650	158 912	118 272	-40 640	-16,279	-2 264 040
3650...3700	180 992	196 736	15 744	-12,275	-2 467 960
3700...3750	455 872	437 120	-18 752	-11,525	-5 097 550
3750...3800	475 200	378 368	-96 832	-11,169	-4 574 950
3800...3850	229 824	207 936	-21 888	-10,045	-2 177 820
3850...3900	163 584	140 160	-23 424	-9,312	-1 445 780
3900...3950	133 568	113 024	-20 544	-7,399	-933 000
3950...4000	145 344	126 336	-19 008	-3,021	-429 540
4000...4050	147 776	132 992	-14 784	0,227	29 090
4050...4100	158 528	183 744	25 216	-2,343	-589 320
4100...4150	119 296	129 856	10 560	-4,111	-563 310
4150...4200	33 792	50 112	16 320	2,270	70 570
4200...4250	512	5 888	5 376	7,399	-4 200
Всего	3 089 152	2 624 960	-464 192	-11,852	-41 731 340

По существу, данными табл. 1 исчерпывается вся информация об изменении состояния ледника Туюксу за 40 лет. Как видим, за это время, по [10], ледник сократил свою площадь на 0,464 км<sup>2</sup>, стал тоньше почти на 12 м и потерял в объеме 41,7 млн м<sup>3</sup>.

По поводу данных табл. 1 и содержания карты [5] у нас имеется ряд замечаний (или вопросов). Приведем некоторые из них.

1. И в 1958, и в 1998 г. высшей точкой ледника был и остается пик Погребецкого (4219 м), что, собственно, и отражено на обеих картах [11]

и [5]. Почему же тогда в расчетах [10] высота высшей точки в 1958 г. принята равной 4208,2 м, а в 1998 г. – 4213,2 м?

2. На карте [5] высота низшей точки конца ледника в 1998 г. обозначена отметкой 3412 м, а в расчетах [10] она принята равной 3417,6 м. Чему верить (видимо, [10])?

3. На карте 1958 г. [11] для большинства ледников бассейна, включая Туюксу, показано положение фирновой границы. На карте 1998 г. [5] эта граница не зафиксирована, и вся площадь ледника Туюксу отнесена к области абляции. В действительности же, по натурным измерениям, в 1998 г. фирновая линия проходила на высоте 3780 м, а площадь области абляции составляла 64% от общей площади ледника.

4. Вряд ли есть необходимость и смысл приводить в [10] величины площади высотных зон ледника с точностью до  $1 \text{ м}^2$ , а изменение высоты поверхности – до 0,001 м (табл. 1).

5. Не понятно, почему в самой верхней высотной зоне (4200-4250 м) при увеличении площади льда за 40 лет на порядок и повышении высоты поверхности на 7,4 м объем льда уменьшился (на  $4200 \text{ м}^3$ )?

6. В табл. 1 не дана величина изменения высоты поверхности льда для нижней зоны 3350...3400 м. Если же изменение объема льда в ней ( $1\,221\,020 \text{ м}^3$ ) отнести к площади растаявшего льда, то средняя толщина льда в этой зоне получается равной 48 м. Очевидно, такой толщины льда в концевой части ледника быть не может. По данным сейсмических исследований в 1957 г. [1], радиолокационного зондирования 1981 и 1982 гг. [2] и непосредственного бурения [7, 8] толщина льда здесь не превышала 10-20, максимум – 30 м. Кстати, то же самое можно сказать и о явно завышенной средней величине слоя растаявшего льда ( $>53 \text{ м}$ ) в интервале высот 3400...3450 м (табл. 1). По уже нашим расчетам, такой слой стаявшего льда имеет место лишь на небольшом участке следующей зоны, точнее – в сегменте 3470...3480 м, то есть именно там, где в 1957 г. была заложена скважина №1 для измерений температуры льда, достигшая на глубине 52,6 м донной морены.

Мы произвели собственные расчеты по изменению морфометрических характеристик ледника Туюксу. В их основе лежит сравнение цифровых моделей топоосновы ледника 1958 и 1998 гг. При анализе карты 1998 г. использовалась система координат карты 1958 г., что позволило достаточно просто сравнивать эти разновременные карты при их совмещении. Проведенные картографические изыскания были реализованы в

программах MapInfo версий 6.5 и 7.0, Easy Trace 7.0, GeoTransformer 4.1. Все контуры ледника были получены путем ручной обработки (оцифровки). В его контуры не включались мертвые льды, конечные и боковые морены. Отступившая за 40 лет часть языка ледника покрыта сплошным моренным чехлом, не имеющим, по-видимому, под собой погребенного льда.

Наши измерения и расчеты для языковой части ледника, до 3800 м, осуществлялись по сегментам тела ледника в соответствии с 10-метровым сечением рельефа, а для крутых участков области аккумуляции, выше 3800 м, – через 50-метровые высотные интервалы. Данные этих расчетов представлены в табл. 2, где они для лучшего сопоставления с величинами из табл. 1 приведены по 50-метровым высотным интервалам.

Таблица 2

Изменение морфометрических показателей ледника Туюксу за 1958...1998 гг. (по расчетам авторов)

Высотная зона, м	Площадь в 1958 г., м <sup>2</sup>	Площадь в 1998 г., м <sup>2</sup>	Разность площадей, м <sup>2</sup>	Разность высот, м	Разность объемов, м <sup>3</sup>
3350...3400	26 810	0	-26 810	-10	-268 100
3400...3450	101 550	31 540	-70 010	-32	-3 249 600
3450...3500	161 790	77 710	-84 080	-52	-8 413 080
3500...3550	161 160	140 470	-20 690	-38	-6 124 080
3550...3600	220 730	153 200	-67 530	-25	-5 518 250
3600...3650	152 190	120 410	-31 780	-18	-2 739 420
3650...3700	186 450	198 910	12 460	-15	-2 796 750
3700...3750	465 760	435 280	-30 480	-13	-6 054 880
3750...3800	493 660	370 880	-122 780	-12	-5 923 920
3800...3850	238 580	199 680	-38 900	-10	-2 385 800
3850...3900	170 730	136 220	-34 510	-5	-853 650
3900...3950	136 260	111 640	-24 620	1	136 260
3950...4000	149 600	125 440	-24 160	6	897 600
4000...4050	154 110	129 660	-24 450	8	1 232 880
4050...4100	169 330	179 970	10 640	5	846 650
4100...4150	118 390	117 670	-720	4	473 560
4150...4200	32 100	41 620	9 520	3	96 300
4200...4250	1 940	7 020	5 080	5	9 700
Всего	3 141 140	2 577 320	-563 820	-11	-40 634 580

Таким образом, потери ледника Туюксу между 1958 и 1998 гг. составили по площади 0,564 км<sup>2</sup>, по толщине льда – 11 м и по объему – 40,635 млн м<sup>3</sup>.

По нашим данным, площадь ледника в 1958 г. равнялась  $3,141 \text{ км}^2$  (на  $0,052 \text{ км}^2$  больше, чем по [10]). Заметим, что именно эта величина была получена нами в 60-е гг. [8] путем неоднократного планиметрирования контура ледника на карте 1958 г. Вместе с тем, площадь ледника в 1998 г. у нас оказалась на  $0,048 \text{ км}^2$  меньше, чем по [10]. Поэтому потеря площади льда за 40 лет в нашем варианте оказалась ровно на  $0,1 \text{ км}^2$  больше, чем в [10].

Как и следовало ожидать, наибольшее сокращение площади льда (у нас –  $0,301 \text{ км}^2$ , у немецких исследователей –  $0,322 \text{ км}^2$ ) приходится на нижнюю и среднюю части языка ледника – до высоты 3650 м. Эта закономерность четко прослеживается в изменении формы дифференциальных и, особенно, интегральных кривых распределения площади льда по высоте (рис. 1), построенных по данным табл. 2.

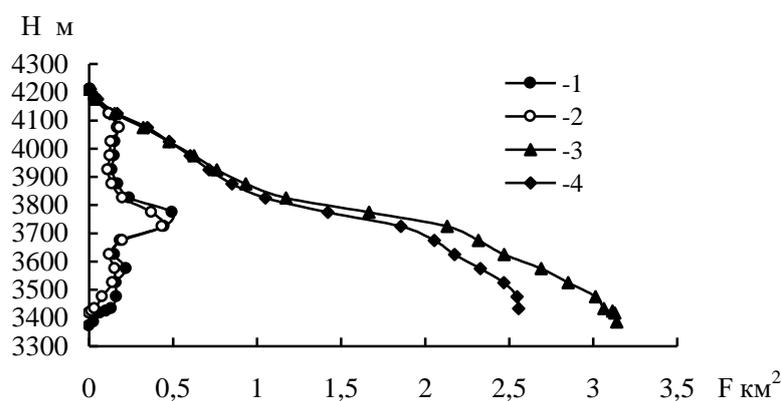


Рис. 1. Дифференциальные и интегральные кривые распределения площади ледника Туюксу по высоте. 1 – дифференциальная кривая 1958 г.; 2 – дифференциальная кривая 1998 г.; 3 – интегральная кривая 1958 г.; 4 – интегральная кривая 1998 г.

Интересно, что в верхней части области абляции, в интервале 3650...3700 м, как по нашим, так и по данным [10], зафиксировано заметное увеличение площади более чем на  $10\,000 \text{ м}^2$  за счет территории лежащей выше соседней зоны (3700...3750 м). Этот факт, видимо, связан с выполаживанием и выравниванием физической поверхности ледника в результате таяния льда.

Увеличение площади льда в горизонтальной проекции в пределах фирнового бассейна выше 4050 м в 1998 г. по [10] оказалось значительно большим, чем у нас. Причин этому может быть несколько. Это и разное

отображение границ ледника на обеих картах; и включение в контур ледника участков, покрытых снегом, но не имеющих отношения к телу ледника; и «захват» крупных участков верховьев фирновой зоны, спускающихся на южный склон водораздельного гребня и лежащих уже за ледоразделом и др.

Исходя из нового значения площади ледника в 1998 г. (2,577 км<sup>2</sup>), ее среднее годовое сокращение за время между съемками составило 0,014 км<sup>2</sup>, или, примерно, по 0,5%/год.

По нашим подсчетам, длина ледника (по линии тока от пика Погребецкого до конца языка) в 1958 г. равнялась 3,56 км, а в 1998 г. – 3,02 км, то есть уменьшение длины составило 540 м, а средняя скорость отступления – 13,5 м/год. За 40 лет высота конца языка поднялась почти на 45 м (с 3373 до 3417,6 м), по 1,1 м/год.

По натурным наблюдениям, средняя высота снеговой границы (ELA) в 1958...1998 гг. оказалась равной 3828 м. В многоснежном 1958 г. по карте [11] ELA располагалась на высоте 3630 м, а в конце периода таяния (по наблюдениям) она поднялась до 3670 м. При этой ELA в 1958 г. площадь зоны абляции была равна 0,885 км<sup>2</sup>, а зоны аккумуляции – 2,256 км<sup>2</sup>. При таком соотношении площадей обеих зон величина ледникового коэффициента в 1958 г. составила 2,55, а коэффициента AAR (отношение площади питания ко всей площади ледника) – 0,72. В 1991...1998 гг. при средней ELA, равной 3850 м [3], площади областей абляции и аккумуляции были равны, соответственно, 1,728 и 0,849 км<sup>2</sup>, ледниковый коэффициент – 0,49 и AAR – 0,33. Значит, за 40 лет ледниковый коэффициент уменьшился в 5,2, а AAR – в 2,2 раза.

Одной из основных задач повторного крупномасштабного картографирования ледников, наряду с определением изменений их площади, является и, что не менее важно, установление изменений их объема. При сравнении данных из табл. 1 и 2 прежде всего обращает на себя внимание довольно заметная разница в потере льда в концевой части ледника и в его приращении – в области питания, что хорошо просматривается в конфигурации соответствующих кривых на рис. 2. Эта разница на конце ледника объясняется соображениями, изложенными выше – в шестом пункте наших комментариев. Что касается зоны питания, то различия в потерях и приросте льда здесь обусловлены большими перепадами высот. В случаях сильного сгущения горизонталей даже небольшая несовместимость от-

дельных участков моделей, порядка 1 мм, может привести к разным результатам подсчета.

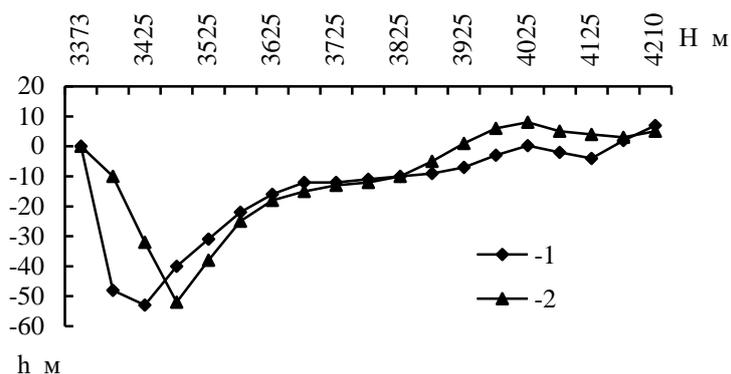


Рис. 2. Изменение величины слоя льда ( $h$ , м), потерянного за период 1958...1998 гг. по высотным зонам ( $H$ , м) ледника Туюксу по данным табл. 1(1) и табл. 2 (2).

Все же можно полагать, что кривая 2 на рис. 2 более верно отражает реальное изменение высоты поверхности по продольному профилю ледника, потерю вещества в зоне абляции и его приращение в зоне питания. Тем не менее, величины суммарных потерь объема льда, по данным [10] и нашим, почти равновелики (41,731 и 40,635 млн м<sup>3</sup>), отличаясь друг от друга лишь на 1 млн м<sup>3</sup> (около 2,5%).

Возникает вопрос – какая же часть объема ледника потеряна за последнее 40-летие? При площади ледника в 1958 г. 3,141 км<sup>2</sup> его объем, вычисленный по известной формуле Н.В. Ерасова [6] и приведенный в [8], был равен 0,1503 км<sup>3</sup>. Следовательно, к 1998 г. было потеряно 27% от объема ледника в 1958 г., или по 0,68%/год, то есть несколько больше (примерно на 1/3) скорости сокращения площади. В 1998 г. объем ледника можно оценить в 0,110 км<sup>3</sup>.

Однако, в действительности, так сказать, истинные потери льда значительно превышают 40 млн м<sup>3</sup>. Эти истинные потери за рассматриваемый период, согласно [3, 4], составили 78 млн м<sup>3</sup>. Существенная разница между величинами потерь льда, полученными из сравнения карт и натурных измерений, равная почти 50%, обусловлена динамикой ледника, то есть непрерывным поступлением вещества из области питания в зону абляции за счет движения. Этот процесс Н.Н. Пальгов [9] в свое время назвал «привносом».

Очевидно, при картометрическом анализе разновременных карт ледников можно оценить величину этого привноса. Последняя за 40 лет оказалась равной 37,4 млн м<sup>3</sup>. Этот объем, отнесенный к средней площади абляции за тот же период (1,859 км<sup>2</sup>), дает суммарный привнос в 20 м. Отсюда величина годового привноса или притока льда на площадь языка равна 0,5 м, или порядка 1 млн.м<sup>3</sup>, чего совершенно недостаточно для компенсации потерь льда в зоне абляции. По [9], годовой привнос на язык ледника Туюксу в 1937...53 гг. составлял 0,44 м. Таким образом, величина привноса за последнее 40-летие, несмотря на уменьшение толщины льда и скорости движения, слегка увеличилась за счет сокращения длины ледника.

Наконец, несколько слов о балансе массы ледника. Величину чистого баланса (без учета накопления сезонного снега и его стаивания) можно оценить из произведения плотности льда и соотношения потерь объема ледника к его средней площади за 40-летний временной интервал. Рассчитанная таким путем величина чистого годового баланса массы ледника оказалась отрицательной и равной – 32 г/см<sup>2</sup>. Эта цифра на 11 г/см<sup>2</sup> меньше (по модулю, но не по знаку) полного годового баланса ледника, определенного за те же годы из натуральных измерений аккумуляции и абляции.

Таким образом, использование повторного крупномасштабного картографирования и цифрового моделирования ледников открывает благоприятные возможности для получения разнообразной гляциологической информации, позволяющей судить о направленности эволюции оледенения. Приведенные здесь сведения являются вкладом в банк данных «Ледник Туюксу», составляемый сейчас в Институте географии МОН РК.

В заключение остается выразить благодарность нашим немецким коллегам за выполненную трудоемкую работу и высказать пожелание и надежду о проведении подобной съемки бассейна Туюксу еще через 40 лет – в 2038 году.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берзон И.С., Боканенко Л.И., Исаев В.С. Сейсмические исследования на леднике Туюксу (IX и XII разделы программы ММГ – гляциология и сейсмология, №3). – М: АН СССР, 1959. – 68 с.
2. Боброва Л.И., Василенко Е.В., Макаревич К.Г., Мачерет Ю.Я, Меньщиков В.А., Никитин С.А. Толщина льда и подледный рельеф ледника Туюксу // Материалы гляциол. исслед. Вып. 64. – М.: 1998. – С. 73-76.

3. Вилесов Е.Н. Баланс массы ледника Тууюксу в последнее десятилетие 20 века // Гидрометеорология и экология. – 2003. – №1. – С. 80-84.
4. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы, Казак университеті, 2001. – 252 с.
5. Горно-ледниковый бассейн Тууюксу, Заилийский Алатау. Карта М 1:10 000. Комиссия по гляциологии Баварской Академии наук. – Мюнхен: 2001 (на русск. и нем. языках).
6. Ерасов Н.В. Метод определения объема горных ледников / Материалы гляциол. исслед. Вып. 14. – М.: 1968. – С. 307-308.
7. Ледник Тууюксу. Tuuyksu Glacier. (Сост. К.Г. Макаревич). – Алма-Ата: Кайнар, 1985. – 20 с. (на русск. и англ. языках).
8. Ледники Тууюксу (Северный Тянь-Шань). – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 172 с.
9. Пальгов Н.Н. Современное оледенение в Заилийском Алатау. – Алма-Ата: АН КазССР, 1958. – 312 с.
10. Eder K., Geiss T., Rentsch H., Kokarev A., Uvarov V. Surveying and Mapping of the Tuuyksu Glacier Region (Tien Shan), Scale 1:10 000. – Fluctuations of Glaciers. – In Press.
11. Gletschergebiet Tujuksu, Sailiski Alatau. М 1:10 000. - Institut für Kartographie T.H. Dresden. – VEB Hermann Naack, 1961.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

### **ТҰЙЫҚСУ МҰЗДЫҒЫ: 1958 ЖӘНЕ 1998 ЖЫЛДАРДАҒЫ СУРЕТТЕР- ДІ САЛЫСТЫРЫП ТАЛДАУДЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІ**

Геогр. ғылымд. докторы Е.Н. Вилесов  
В.И. Морозова

*Тұйықсу мұздығында 1958 және 1998 жылдары неміс мамандары тусірген суреттерге картометриялық талдау жүргізу арқалы, осы мұздықта 40 жыл арасында байқалған топографиялық өзгерістер гляциоморфометриялық көрсеткіштермен бейнеленген.*

УДК 551.324.6:551.583

**ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ ОЛЕДЕНЕНИЯ КИТАЙСКОЙ ЧАСТИ  
БАСЕЙНА РЕКИ ИЛИ**

И.Н. Шестерова

*Произведена примерная оценка изменения оледенения китайской части бассейна реки Или по аналогии с деградацией ледников казахстанской части бассейна. Согласно расчетам площадь оледенения бассейна сократилась с 1982 по 2000 год на 20,8%, а объем на 23,9%. Пересчитаны объемы ледников приведенных в китайском каталоге. Величина их оказалась в результате завышена на 10 – 15%.*

Основная часть стока р. Или, а также большая часть ледовых ресурсов бассейна формируются на китайской территории, поэтому их учет и закономерности распределения становятся актуальными при общей оценке водных ресурсов Или-Балхашского бассейна. Китайская часть бассейна р. Или складывается из пяти крупных бассейнов её основных притоков: Хоргос, Каш, Кюнес, Кексу и Текес. По данным Каталога ледников Китая [13] в бассейне насчитывается 2 373 ледника с общей площадью 2 022,66 км<sup>2</sup>. В табл. 1 представлены данные об оледенении района.

Таблица 1

Оледенение частных бассейнов китайской части бассейна р. Или

Бассейн реки	Площадь бассейна (км <sup>2</sup> )	Количество ледников	Площадь оледенения, (км <sup>2</sup> )	Средняя высота фирновой границы, (км)	Максимальная отметка оледенения, (км)	Минимальная отметка оледенения, (км)
Хоргос	3240	131	55,22	3,63	4,50	3,10
Каш	8656	551	421,60	3,66	4,58	2,92
Кюнес	4123	250	95,68	3,71	4,16	3,22
Кексу	5379	625	421,58	3,84	4,99	2,52
Текес	27402	816	1027,58	3,82	5,90	2,34

Согласно имеющимся расчетам [1, 2], объемы ледников в китайском каталоге завышены на 10...20 %. Поэтому, объемы ледников были пересчитаны по следующим формулам:

1. По формулам [7, 9]:

- a)  $V = 29,76 \cdot 10^{-3} F^{1,38}$  – для ледников «основных долин» (разновидностей долинного типа), где  $F$  – площадь ледника, км<sup>2</sup>;
- b)  $V = 49,37 \cdot 10^{-3} F^{1,20}$  – для ледников «висячих долин и каров» при  $F < 3$  км<sup>2</sup>;
- c)  $V = 0,004 \cdot 10^{-6} F^{1,12}$  – для ледников висячего типа «горных склонов» площадью более 0,1 км<sup>2</sup>, где  $F$  в м<sup>2</sup>;
- d)  $V = 4 \cdot 10^{-9} \left( \frac{\sum F_i}{n} \right)^{1,12}$  – для ледников с  $F < 0,1$  км<sup>2</sup>, где  $F_i$  в м<sup>2</sup>.

2. Н.В. Ерасова [5]:

$$V = 0,027 F^{1,5}$$

3. В.А. Кузмиченка [6]:

a)  $V = 0,03332 F^{1,08} \exp(1,1219 L / L^{0,08846})$  – для ледников с  $F < 25$  км<sup>2</sup> и известной длиной ледника  $L$  (км);

b)  $V = 0,018484 F + 0,021875 F^{1,3521}$  – для ледников с  $F > 25$  км<sup>2</sup>;

c)  $V = 0,03782 F^{1,23}$  – для ледников с  $F < 0,1$  км<sup>2</sup>.

Расчеты производились для каждого ледника, затем результаты суммировались. В табл. 2 приведены результаты вычислений по основным бассейнам. Согласно проведенным расчетам величина превышения объемов ледников, приведенных в каталоге, колеблется от 10 до 15 %.

Таблица 2

Объемы оледенения частных бассейнов китайской части р. Или, рассчитанные по различным формулам

Бассейн	По каталогу, км <sup>3</sup>	По формулам [7, 9], км <sup>3</sup>	По формуле Ерасова, км <sup>3</sup>	По формулам Кузмиченка, км <sup>3</sup>
Хоргос	2,1259	2,0145	1,4741	2,2263
Каш	28,1717	23,9809	24,5021	23,0853
Кюнec	3,4458	3,3989	2,3355	3,6322
Кексу	23,0804	20,3066	18,0082	21,3292
Текес	85,3214	70,4703	82,0910	73,9612
Всего	142,1791	120,1715	128,4109	124,2342

Каталог ледников на данную территорию был составлен по материалам соответствующих определений на начало 80-х годов. Примем, что он описывает состояние оледенения на 1982 г. Как известно, горное оледенение в настоящее время сокращается во всем мире [12]. Несколько оценок за разные периоды было выполнено в последние годы П.А. Черкасовым и Е.Н.

Вилесовым непосредственно для казахстанской части бассейна р. Или [3, 8, 10, 11]. Согласно этим оценкам оледенение северного склона Заилийского Алатау сокращалось с 1979 по 1990 со скоростью 1,01 [3] и 1,1 % [8] в год. Скорость сокращения оледенения долины р. Чилик по данным П.А. Черкасова [11] с 1974 по 1990 составила 1 % в год, таким образом можно принять темп сокращения оледенения для северных макросклонов равным в среднем 1% в год. По П.А. Черкасову [8], площадь оледенения южного склона Джунгарского Алатау составляла в 1972 г. 194,1 км<sup>2</sup>, а в 1990 году 131,1 км<sup>2</sup> (устное сообщение проф. Вилесова Е.Н.), таким образом скорость сокращения оледенения за период составила 1,8 % в год.

Если допустить, что темп сокращения сохранялся до 2000 г., а об этом свидетельствуют наблюдения на ледниках Туюксу и Шумского [4, 8], то можно рассчитать примерную площадь оледенения исследуемого района в 2000 г.:

$$F_{2000} = F_{1982}(1 - pt / 100),$$

где  $F_{2000}$  – площадь оледенения некоторого бассейна в 2000 г.;  $F_{1982}$  – его площадь в 1982 г.;  $p$  – темп сокращения оледенения;  $t$  – число лет между 1982 и 2000 гг. В табл. 3 приведены результаты расчета сокращения оледенения китайской части бассейна р. Или с учетом экспозиции макросклонов.

Таблица 3

Изменение площади оледенения макросклонов бассейнов за 18 лет

Бассейн	Хребет	Экспозиция хребта	H <sub>max</sub> , м	H <sub>min</sub> , м	F <sub>1982</sub> , км <sup>2</sup>	F <sub>2000</sub> , км <sup>2</sup>
Хоргос		Ю	4500	3100	55,22	37,30
Кюнес	Аврал-Ула	Ю	4160	3350	38,06	25,71
	Нарат	С	3920	3220	57,62	47,25
Каш	Борохоро	Ю	4451	2920	209,22	141,32
	Ирен-Хабырга	Ю	4583	3030	88,92	60,06
	Аврал-Ула	С	4280	3240	123,46	101,24
Кексу	Бийке	С	4500	3300	72,23	59,23
		Ю	4370	3239	61,74	50,63
Текес	Халыктау	С	4991	2520	287,61	235,84
	Бийке	С	4368	3300	64,01	52,49
		Ю	4308	3340	30,94	25,37
	Халыктау	С	5900	2340	932,53	764,67

При расчетах темп сокращения оледенения в бассейнах Текес и Кексу, а также на северных склонах хребтов Нарат и Аврал-Ула был принят равным 1 % в год. В долине р. Хоргос, хребтов Боро-Хоро, Ирен-Хабырга и юж-

ного макросклона хребта Аврал-Ула – равным 1,8 % в год. В табл. 4 приведены результаты расчета динамики оледенения по основным бассейнам за расчетный период, а также максимальная и минимальная отметки оледенения.

Таблица 4

Динамика площади оледенения по основным бассейнам

Бассейн	F <sub>1982</sub> , км <sup>2</sup>	F <sub>2000</sub> , км <sup>2</sup>	Динамика, %
Хоргос	55,22	37,30	32,45
Кюнес	95,68	72,96	23,75
Каш	421,6	302,62	28,22
Кексу	421,58	345,70	18,00
Текес	1027,48	842,53	18,00
Всего	2021,56	1601,10	20,80

Таким образом, площадь оледенения Китайской части бассейна р. Или сократилась к 2000 году примерно на 20,8 %.

Для расчета изменения объема ледников в качестве темпа сокращения была принята скорость сокращения объема ледников в Заилийском Алатау за период с 1974 по 1990 г.. По оценке П.А Черкасова [8] в 1974 г. объем ледников составлял 12,29 км<sup>3</sup>, а в 1990 г. 9,66 км<sup>3</sup>, таким образом, темп изменения объема составил за период 1,34 % в год. Так как объемы ледников в данном случае были рассчитаны по формулам [7, 9], то для расчета объема оледенения в 2000 году используем рассчитанные по тем же самым формулам величины из табл. 2. Результаты расчета приведены в табл. 5.

Таблица 5

Изменение объема оледенения по основным бассейнам за 18 лет

Бассейн	V, км <sup>3</sup>	
	1982 г.	2000 г.
Хоргос	2,015	1,532
Кюнес	3,399	2,585
Каш	23,981	18,240
Кексу	20,307	15,445
Текес	70,470	53,600
Всего	120,171	91,402

Согласно расчетам объем оледенения китайской части бассейна р. Или сократился к 2000 году на 23,9 %. Полученные данные вполне могут быть использованы для оценки изменения ледникового стока.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е. Н., Кусаинов С. А., Белова И.В. Ледниковые ресурсы Тянь-Шаня и основные характеристики их распределения. // Известия ВГО, - 1991, Вып. 1.- С. 32-39.
2. Вилесов Е. Н., Кусаинов С. А. Ресурсы льда и ледниковый сток бассейна реки Или. // Гидрометеорология в Казахстане. - Алматы, 1993. - С. 80 – 91.
3. Вилесов Е. Н., Уваров В. Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в 20 веке. - Алматы: КазГНУ, 2001. - 252 с.
4. Вилесов Е.Н. Баланс массы ледника Туюксу в последнее десятилетие 20 века. // Гидрометеорология и экология. - 2003, №1.- С. 80 - 84.
5. Ерасов. Н. В. Метод определения объема горных ледников. // Материалы гляциологических исследований. - 1968, Вып. 14. - С. 307 – 308.
6. Кузьмиченок В.А. О статистической оценке объемов ледников. // Материалы гляциол. исслед. – 1996, Вып. 80. - С. 200-206.
7. Мачерет Ю.Я., Черкасов П.А., Боброва Л.И. Толщина и объем ледников Джунгарского Алатау по данным аэрозондирования. // Материалы гляциологических исследований. - 1988, Вып. 62. - С. 59-71.
8. Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш. Под ред. Т.К. Кудепова. – Алматы: Каганат, 2002. - 388 с.
9. Черкасов П.А., Никитин С.А. К методике расчета объема горных ледников по данным наземной и воздушной радиолокационной съёмки (на примере Джунгарского Алатау). // Ледники, снежный покров и лавины в горах Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1989. - С. 18-37.
10. Черкасов П.А. Предварительный анализ изменения количества и площади ледников на северном склоне Заилийского Алатау за период 1955 – 1990 гг.// Гидрометеорология и экология. – 2002. - №1. - С. 135 – 140.
11. Черкасов П.А. Оценка изменения количества и площади ледников в бассейне реки Чилик во второй половине 20 века. // Гидрометеорология и экология. – 2002. - №3. - С. 70 – 77.
12. Dyurgerov M. B.,Meier M. F. Year-to year fluctuations of global mass balance of small glaciers and their contribution to sea-level changes. // Arctic and Alpine Research. 1997. Vol. 29, № 4. - P. 392 - 402.
13. Glacier inventory of China. III. Tianshan mountains (Ili river drainage basin). - China, Science Press, 1986. -146 p.

Институт географии МОН РК

**ІЛЕ ӨЗЕНІ АЛАБАНЫҢ ҚЫТАЙЛЫҚ БӨЛІГІ МҰЗБАСУЫНЫҢ  
ДЕГРАДАЦИЯСЫН БАҒАЛАУ**

И.Н. Шестерова

*Іле өзені алабаның қытайлық бөлігі мұзбасуының өзгеруіне Қазақстандық бөліктегі мұздықтардың деградациясымен ұқсастыра шамаланған баға берілді.*

УДК 504.4 06 (043)

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНОЙ СИСТЕМЫ КАК  
СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

К.Ж. Мустафаев

*Предложена методика оценки устойчивости природной системы как среды обитания человека, включающие модели экологические, экономические и социальные устойчивости компонентов природной системы.*

Правильное преобразование природной системы должно сочетать в себе равнозначные группы мероприятий: защиту технической системы и защиту экосистемы с ее живыми организмами от неблагоприятных воздействий (изменений), чтобы не нарушать устойчивость среды обитания человека. В настоящее время накоплен значительный теоретический взгляд к определению методов оценки и критериев устойчивости экологических систем. Однако проблема человека, его сущности и существования, его развития и предназначения, рассматриваемая в материальном, духовном и нравственном аспектах, выдвигает новое научное обоснование мировоззренческого значения критериев устойчивости экологических систем в условиях жесткой антропогенной деятельности человека.

Взаимодействие различных отраслей общественных и естественных наук обеспечило разработку системного представления о месте и роли человека в экологических отношениях и взаимодействия человека со средой обитания. В широком смысле, среда обитания означает некоторое совокупное качество условий жизни человека, обусловленных природой и социальными условиями одновременно.

В условиях интенсивного использования природных ресурсов и преобразования природной системы среда обитания человека, играющая важную роль в воспроизводстве его как производительной силы и как личности, приобретает все более определяющие цели в развитии человека. По этому, при обосновании методов оценки устойчивости экологических систем, изучение совокупности процессов и форм взаимодействия человека со всей средой его обитания - социальной, технической, природной - и составляет, как известно, существо экологической проблемы.

Устойчивость природных явлений и системы стала объектом исследований сферы прикладных наук, так как одним из важнейших вопросов в механике, берущих свое начало с древнейших времен, является выбор технических решений, отвечающих устойчивости динамических системы. В области физики в древнегреческой науке центральное место занимала теория равновесия, получившая наибольшее развитие в работах Архимеда по теории рычага, из которой и сформировалось представление об естественных местах всех тел природы [7].

Торричелли (1608...1647) впервые в статике сформировал принцип, согласно которому в системе тяжелых тел, находящихся в равновесии, центр тяжести занимает относительно наиболее низкое положение, какое только возможно. Лагранж (1736...1813) обобщил принцип Торричелли, доказав теорему об устойчивости изолированного равновесия механической системы, когда силовая функция действующих на систему сил имеет максимум в этом положении равновесия.

Общую задачу об устойчивости движения в ее классической постановке решил в 1892 году А.М. Ляпунов [12, 13], получившую большое распространение в прикладной механике вообще, а в теории машин и механизмов в частности, т.е. для динамических систем, движение которых описывается уравнениями:

$$\frac{dx_k}{dt} = f_k(t, x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (k = 1, 2, \dots, n). \quad (1)$$

Состояниям равновесия динамической системы, движение которой описывается уравнением (1), соответствуют на фазовом пространстве переменных  $x_1, x_2, \dots, x_n$  точкам, для которых одновременно  $dx_k / dt = 0$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ).

Устойчивость экологических систем стала объектом исследований В.Д. Федорова, С.А. Соколовой [25], В.А. Светлосанова [22], Ю.М. Свирежева, Д.О. Логофета [23], А.П. Левича [10], С.М. Семенова [24], Ю.А. Израэля [9], Н.И. Парфеновой, Н.М. Решеткиной [21], А.К. Заурбека [8], М.Ж. Бурлибаева [2, 4], Ж.С. Мустафева, А.Т. Козыкеевой, Л.Ж. Мустафаева [17], Ж.С. Мустафаева, Л.Ж. Мустафаевой, К.Ж. Мустафаева [18, 19], Достая Ж.Д., Царегородцевой А.Г. [6] и других, где само понятие устойчивости как интегрального понятия организации экосистемы, трактуется по-разному, порой взаимоисключаясь.

Применение математических методов в экологии, в условиях антропогенной деятельности стало одним из наиболее быстро развивающихся

ся направлений исследований в области естествознания. Под экологической устойчивостью по А.М. Ляпунову принято понимать способность экологической системы достаточно долгое время противостоять возмущающим факторам без вымирания или деградации отдельных компонентов системы. Устойчивостью же по Лагранжу служит ограниченность сверху и снизу всех траекторий, исходящих из некоторой определенной области фазового пространства модели, что является основой для формирования концепции устойчивости биологических систем [23].

При определении устойчивости речных систем М.Ж. Бурлибаев [2, 4] на основе некоторых преобразований устойчивости А.М. Ляпунова, т.е., задавая параметры по оси ординат ограниченности как сверху (максимумы биопродуктивности травостоя пойменных лугов и воспроизводство рыбных запасов), так и снизу (максимум соленакопления корнеобитаемого слоя почв пойменных лугов), сохраняет основные принципы устойчивости Лагранжа.

Под устойчивостью (ее мерой)  $S$  биологической системы в работе А.П. Левича [10] понимается соотношение между мерой изменения (возможного) требуемых свойств системы  $\Delta R$  и мерой соответствующего воздействия  $\Delta F$ , т.е.  $S = \Delta F / \Delta R$ , тогда стабильность системы определяется величиной  $1/\Delta R$ .

В некоторых случаях при определении устойчивости экологических систем рассматривается лишь мера изменения требуемых свойств при воздействии на нее, т.е. здесь понятие «устойчивость» практически эквивалентно понятию «стабильность». Стабильность же тенденции системы оставаться приблизительно в условиях равновесия или возвращаться в эти условия после возмущения [26]. Эта концепция подразумевает постоянство (отсутствие изменений), инерционность (способность сопротивляться внешним возмущениям), эластичность, гибкость (связанную со скоростью возвращения системы в состояние до возмущения), амплитуда (характеризующую возмущение, из которого возможно восстановление).

Для экологической оценки устойчивости природных систем Н.И. Парфеновой и Н.М. Решеткиной [21] введено понятие коэффициента экологической устойчивости ( $KЭУ$ ) и А.К. Заурбеком [8] - параметр экологической благополучности региона ( $ЭБР$ ). Если, коэффициент  $KЭУ$  принимается равным отношению площади с негативными явлениями ( $F_n$ ) к общей сельскохозяйственных угодий региона или агроландшафта ( $F_o$ ), который выражается в долях единицы, то  $ЭБР$  определяют как отношение приведенного на одного работника национального дохода в контрольном районе к фактиче-

скому национальному доходу в загрязненном районе и изменяются от 1 до 10 Системный анализ и количественная оценка коэффициента  $KЭУ$  и параметра  $ЭБР$  показывают: во-первых, они прямолинейно или прямо пропорционально изменяются от уровня использования отдельных компонентов природной среды, что не соответствует законам природы (синергетики); во-вторых, они не учитывают взаимосвязанности и взаимообусловленности природных процессов; в-третьих, не определена система ценностей, позволяющих управлять и регулировать природными процессами при природопользовании и природообустройстве; в-четвертых, параметр  $ЭБР$  по физическому смыслу показывает не экологическую, а экономическую устойчивость природной системы.

Последовательность системно-структурного исследования зависимости экологической устойчивости природной системы от степени экологической оптимальности условий природной системы ( $f = \mathcal{E}_{opt} / \mathcal{E}_i$ , где  $\mathcal{E}_{opt}$  - экологически оптимальные условия природной среды;  $\mathcal{E}_i$  - текущее экологическое состояние природной среды) представлена в виде схемы (рис.).



*Рис. Последовательность этапов исследований зависимости экологической устойчивости природной системы от степени использования природных ресурсов.*

При этом модель устойчивости экологической системы должна учитывать только основные факторы, вносящие главный вклад в антропогенное изменение природной системы. Если пренебречь взаимосвязанным

воздействием отдельных факторов экологической устойчивости природной системы ( $\mathcal{E}_y$ ), то в общем виде, эту величину можно выразить с помощью следующей зависимости:

$$\mathcal{E}_y = \mathcal{E}_{кр} \cdot f_1(x_1) \cdot f_2(x_2) \dots f_n(x_n), \quad (2)$$

где  $f_1(x_1) \cdot f_2(x_2) \dots f_n(x_n)$  - функции, выражающие зависимость экологической устойчивости природной системы от степени использования отдельных её компонент (водных, земельных, растительных, животных, воздушных);  $\mathcal{E}_{кр}$  теоретический предел разрушения устойчивости экологической системы.

Формулировка задачи вытекает из анализа природных закономерностей, что дает возможность предположить, что изменение естественного равновесия природной системы при изменении степени использования природных ресурсов ( $d\mathcal{E}/dX$ ) пропорционально степени оптимальности использования природных ресурсов  $f_i(X_{opt})$  и отклонения значения фактора оптимально-допустимого предела ( $X_i - X_{opt}$ ).

В самом деле, чем больше степень использования природных ресурсов  $f_i(X)$ , тем больше  $\partial\mathcal{E}/\partial X$ , т.е. малое отклонение оптимально-допустимого предела использования природных ресурсов приводит к значительному отклонению от  $f_i(X_{opt})$ . В то же время, чем больше разница ( $X_i - X_{opt}$ ), тем более чувствительна природная система. Однако, при оптимальных условиях:  $(X_i - X_{opt}) = 0$ , т.е. существует некоторый уровень критического воздействия, начиная с которого происходит деградация природной системы. Отклонение отдельных факторов или компонентов природной системы зависит от интенсивности антропогенной деятельности, которая в относительных величинах изменяется от 0 до 1 и их стремление к единице показывает степень разрушения устойчивости экологических систем.

Для разработки математических моделей природной системы в начальный период проводится изучение и обобщение данных по зависимости экологической устойчивости природной системы. На основе этих данных обосновываются частные математические модели. Переход к многофакторным моделям осуществляется последовательным согласованием зависимости экологической устойчивости природной системы от факторов природной среды ( $f_i(x_i)$ ).

В дифференциальной форме общий вид формулы для определения экологически устойчивости природной системы (без конкретизации закономерности влияния отдельных компонентов природной среды) будет:

$$\frac{d\mathcal{E}}{dX_i} = f \cdot C_i (X_i - X_{opt}), \quad (3)$$

где  $X_{opt}$  - оптимальный уровень использования природных ресурсов;  $C_i$  - параметр, характеризующий особенность компонентов природной среды.

Так как,

$$\mathcal{E} = f \cdot \mathcal{E}_{opt}, \quad (4)$$

то получим:

$$\mathcal{E}_{opt} \cdot df / dX_i = f \cdot C_i (X_i - X_{opt}). \quad (5)$$

Решение уравнения (5) дает:

$$\mathcal{E}_{opt} \cdot \ln f = C_i \cdot X_{opt} \cdot X_i - \frac{C_i}{2} X_i^2 + C, \quad (6)$$

или

$$\ln f = -\frac{C_i}{2 \cdot \mathcal{E}_{opt}} X_i^2 + \frac{C_i \cdot X_{opt}}{\mathcal{E}_{opt}} \cdot X_i + \frac{C}{\mathcal{E}_{opt}}, \quad (7)$$

где  $C$  - постоянная интегрирования.

Начальные и граничные условия, принимаются на основе закономерностей и режима функционирования природной системы:

$$\text{при } X_i = X_{opt} \quad f = 0,$$

$$\text{при } X_i = X_{io} \quad f = 1,$$

где  $X_{io}$  - максимальная величина фактора  $X_i$ , характеризующий уровень критического воздействия, начиная с которого происходит экологическая деградация природной системы;  $\mathcal{E}_{кр}$  - максимальное значение, т.е. может быть равен 1, где природная система полностью теряет экологическое равновесие или устойчивость.

Определим  $C$  из условия  $f = 0$  при  $X_i = X_{opt}$ :

$$\frac{C_i \cdot X_{opt}^2}{2 \cdot \mathcal{E}_{opt}} - \frac{C_i \cdot X_{opt}^2}{\mathcal{E}_{opt}} - \frac{C}{\mathcal{E}_{opt}} = 0 \quad (8)$$

или

$$C = -\frac{C_i \cdot X_{opt}^2}{2}.$$

Определим  $C_i$  из условий  $f = 1$  при  $X_i = X_{io}$ :

$$C_i = \frac{\mathcal{E}_{opt}}{(X_{io} - X_{opt})^2}. \quad (9)$$

Тогда после преобразования получим:

$$f = 1 - \exp \left[ -k \left( \frac{X_i - X_{opt}}{X_{kp} - X_{opt}} \right) \right], \quad (10)$$

где  $k$  - параметр идентификации.

С позиций современных информационных технологий управление природно-хозяйственными системами является по сути кибернетическим, базирующимся на специализированных принципах и методологии исследования.

Принимая закон аддитивности – «свойство величин, состоящее в том, что значение величины, соответствующее целому объекту, равно сумме значений величин, соответствующих его частям при любом разбиении объекта на части» - к компонентам природной среды многофакторную модель экологической устойчивости природной системы можно представить в следующем виде:

$$f = 1 - \exp \left\{ -k \left[ \sum_{i=0}^n k_i \left( \frac{X_i - X_{opt}}{X_{kp} - X_{opt}} \right) \right] \right\}, \quad (11)$$

где  $k_i$  - коэффициент значимости компонентов природной среды, т.е.  $k_i = k_g + k_z + k_p + k_a + k_{жс} = 1$  (где соответственно, коэффициент значимости водных и земельных ресурсов, растительного мира, атмосферы, животных). Так как в кибернетике характеристика системы аддитивна, если она равна сумме тех же характеристик для составляющих систему подсистем и элементов.

Живые организмы и их сообщества представляют собой адаптивные саморегулирующиеся системы, чтобы обеспечить стабилизацию и сохранение естественного природного режима в условиях антропогенной деятельности человека. Однако по законам экологии: «экосистема, потерявшая часть своих элементов не может вернуться в первозданное состояние». Эту особенность природной системы оценивают с помощью коэффициента ( $k$ ), характеризующего уровень саморегулирования природного процесса на стадиях разрушения ( $k_p$ ) и восстановления ( $k_b$ ).

Исходя из выше изложенного, модель экологической устойчивости природной системы можно представить в следующем виде:

- в стадии разрушения или преобразования природной системы:

$$f_p = 1 - \exp \left\{ -k_p \left[ \sum_{i=0}^n k_i \left( \frac{X_i - X_{opt}}{X_{kp} - X_{opt}} \right) \right] \right\}; \quad (12)$$

- в стадии восстановления техногенных нарушенных природных систем:

$$f_b = 1 - \exp \left\{ -k_b \left[ \sum_{i=0}^n k_i \left( \frac{X_i - X_{opt}}{X_{kp} - X_{opt}} \right) \right] \right\}. \quad (13)$$

Полученная математическая модель экологической устойчивости природных систем, как видно из уравнений (12) и (13), позволяют построить зависимость  $f(X_i, t)$  в стадиях их разрушения и восстановления, т.е. изменение во времени экологического состояния природной системы от уровня использования природных ресурсов.

Таким образом, предложенная математическая модель экологической устойчивости природных систем, в основу которой положен закон и принцип экологии, может быть использована при проведении исследования по оценке состояния природных объектов и для обоснования уровня использования природных ресурсов при размещении производительных сил.

В современном мире экологические, экономические, социальные, технологические и биологические процессы настолько взаимосвязаны, что возникает необходимость рассматривать систему природопользования как функционирование сложной эколого-экономической системы, которые протекают вместе с естественными процессами в природе в тесной взаимосвязи и сохраняющие взаимообусловленность.

В настоящее время экономисты и экологи пришли к выводу о необходимости объединения усилий при разработке эколого-экономических оценок взаимодействия человеческого общества с природой в целом и изменения состояния природной среды в процессе антропогенной деятельности, а также при планировании и осуществлении природоохранных мероприятий в частности [10]. С этой целью расширяется эколого-экономическое моделирование в системе природопользования [1, 15, 16].

М.Я. Лемешев [11] предложил эколого-экономическую модель природопользования, в которой отражаются одновременно процессы, протекающие как в экономической, так и в экологической природной системе, что позволяет при максимизации экономического эффекта не допустить пагубного воздействия на окружающую природную среду, т.е. выбрать оптимальное решение.

Л.Ж. Мустафаев с соавторами [20] с этой целью предложили коэффициент экономической устойчивости природно-технического комплекса ( $K_э$ ), построенного в зоне «коридора», характеризующий максимально-допустимый уровень использования природных ресурсов:

$$K_э = \frac{Z_n(\bar{P}_n - P_n(x)) - P_u(x) - [Z_э(\bar{P}_э - P_э(x)) + Z_{эк}(\bar{P}_{эк} - P_{эк}(x)) + Z_{ск}(\bar{P}_{ск} - P_{ск}(x))]}{Z_n(\bar{P}_n - P_n(x))}$$

где  $Z_n(\bar{P}_n)$  - общая прибыль природно-технического комплекса;  $Z_n(P_n(x))$  - прибыль природного комплекса в естественных условиях;  $Z_э(\bar{P}_э)$  - экономический ущерб от ухудшения качественных параметров природно-технической системы;  $Z_э(P_э(x))$  - затраты необходимые для качественного улучшения параметров природной среды;  $Z_{эк}(\bar{P}_{эк})$  - экологический ущерб от ухудшения качественных параметров природно-технической системы;  $Z_{эк}(P_{эк}(x))$  - затраты необходимые для улучшения экологических условий природной среды;  $Z_c(\bar{P}_c)$  - социальный ущерб от ухудшения качественных параметров природной среды;  $Z_c(P_c(x))$  - затраты на улучшение социальных условий природной среды;  $P_u(x)$  - общие затраты для выпуска продукции.

Таким образом, определение допустимых нагрузок на регион в экономическом аспекте необходимо обосновать исходя из экологически допустимых параметров и производственных, природоохранных и социальных компонентов природно-техногенных систем, обеспечивающих максимум критерия  $K_э$ .

Оценка приоритетности того или иного воздействия природной системы позволяет определить степень и уровень использования различных критериев для решения экологических, экономических и социальных задач в системе природопользования.

Для оценки экологической значимости антропогенных факторов или эффектов воздействия целесообразно пользоваться специально выработанными критериями – значениями предельно допустимой степени ухудшения экологического состояния природной системы ( $\Delta Э_i$ ), значениями предельно допустимого уровня использования природных ресурсов ( $K_{доп} = P(x_i) / P(x)$ ) или выбросов вторичных ресурсов ( $K_{выб} = P_{выб}(x_i) / P(x_i)$ ), значениями предельных и допустимых экологи-

ческих нагрузок ( $K_{\text{дэн}} = (P(x_i) - P_n(x_i)) / P(x_i)$ ) или разгрузок ( $K_{\text{раз}} = (P(x) - P(x_i)) / P(x)$ ).

Используя различные критерии для оценки экологического состояния природной системы и их компонентов, можно определить приоритетности того или иного воздействия:

- определить с точки зрения чувствительности среды обитания человека, т.е. изменений по отношению к начальному состоянию экосистемы, насколько сильно  $\Delta\mathcal{E}_{\text{opt}}$  отличается от  $\Delta\mathcal{E}_i$ ;
- определить с точки зрения критичности всей экосистемы или ее отдельных компонентов, насколько  $\Delta\mathcal{E}_i$  допустимо с точки зрения существования системы, или насколько состояние  $\Delta\mathcal{E}_k$  близко к критическому;
- определить с точки зрения абсолютного изменения  $\Delta\mathcal{E}_{\text{cp}}$ , выраженных произведением значения среднего изменения у отдельных компонентов, т.е.  $(\Delta\mathcal{E}_{\text{opt}} + \Delta\mathcal{E}_i) / 2$  или  $(\Delta\mathcal{E}_k + \Delta\mathcal{E}_i) / 2$ .

Сопоставления соотношения критериев ( $\Delta\mathcal{E}_{\text{opt}}$ ) и ( $\Delta\mathcal{E}_i$ ), может быть использовано при оценке всестороннего воздействия природной среды как среды обитания человека, ( $\Delta\mathcal{E}_i$ ) и ( $\Delta\mathcal{E}_k$ ) – для правильного и обоснованного уровня сбалансированного использования природных ресурсов, а ( $\Delta\mathcal{E}_{\text{cp}}$ ) и ( $\Delta\mathcal{E}_{\text{opt}}$ ) – для выработки общей стратегии и концепции экологически безопасной и безотходной технологии использования природных ресурсов.

Природа и общество, как известно, представляют собой развивающуюся динамическую систему, находящуюся в противоречивом единстве. Поэтому, преобразованная природная и созданная человеком искусственная среда обитания воздействует на человеческий организм, на биологические и демографические процессы в человеческом развитии, затрагивая и целый ряд социальных процессов, протекающих на уровне общественных систем. Прямым отражением экологической обстановки среды обитания человека является состояние здоровья ее населения. Это обуславливается комплексом факторов, т.е. экологически, социально, экономически, этническим, психологически, исторически сложившимся укладом жизни, воздействующих одновременно и разнонаправленно.

Для оценки социальной устойчивости среды обитания человека или природной системы можно ввести коэффициент ( $\bar{N}$ ), характеризующий уровень заболеваемости населения в условиях антропогенного воздействия, как отношение приведенного значения заболеваемости населения ( $N_n$ ) к общей численности населения проживающего в отдельных регионах ( $N_o$ ):

$$\bar{N} = \frac{N_m + k_{\text{вз}} \cdot N_{\text{вз}} + k_{\text{ки}} \cdot N_{\text{ки}} + k_{\text{бт}} \cdot N \cdot \text{бт} + k_{\text{он}} \cdot N_{\text{он}} + k_m \cdot N_m + N_c + N_{\text{сс}}}{N_o},$$

где  $N$  - численность населения, обратившаяся в медицинские учреждения;  $N_{\text{вз}}$  - численность населения заболевших вирусным гепатитом;  $N_{\text{ки}}$  - численность населения заболевших острыми кишечными инфекциями;  $N_{\text{бт}}$  - численность населения заболевших брюшным тифом;  $N_m$  - численность населения заболевших туберкулезом;  $N_{\text{он}}$  - численность онкологических больных;  $N_c$  - показатель смертности населения в возрасте ниже показателя средней продолжительности предстоящей жизни;  $N_{\text{сс}}$  - численность населения страдающих заболеванием сердечно-сосудистой системы;  $k_{\text{вз}}, k_{\text{ки}}, k_{\text{бт}}, k_m, k_{\text{он}}$  - коэффициент риска, характеризующий уровень опасности распространения вирусного гепатита, острой кишечной инфекции, брюшного тифа онкологических заболеваний и туберкулеза.

Как показывает практика, при целенаправленном использовании природных ресурсов до определенного предела социальное положение населения улучшается, затем постепенно, когда переходит пределы само регулирования природного процесса – ухудшается в связи истощением и деградацией природных ресурсов. Следовательно, при ограниченности ресурсов необходимо обосновать приоритетность применяемых мер, которая должна определяться критичностью воздействия на здоровье человека и экологическую систему и учитывать экономические и социальные последствия. Для оценки социального последствия в условиях антропогенного воздействия необходимо ввести коэффициент социальной устойчивости среды обитания человека:

$$K_c = \frac{\exp^{-a-b\bar{N}}}{(1 + \exp^{a-b\bar{N}})},$$

где  $a, b$  - параметры, определяющие наклон, кривизну и точку перегиба интегральной кривой.

Точка перегиба кривой имеет место при  $a - b \cdot \bar{N} = 0$ , т.е. перегиб наступает когда  $\bar{N} = a/b$ , что показывает нарушение саморегулирования природного процесса в условиях антропогенной деятельности человека.

Таким образом, между коэффициентом экологической, социальной и экономической устойчивости природно-технического комплекса существует определенная зависимость, которая дает возможность определить на основе устойчивости Лагранжа оптимальный эколого-экономический безопасный уровень использования природных ресурсов, который по Ц.Е. Мирцхулаве [14], называется эковиталистическим (*vitalis* – жизненный).

Для оценки устойчивости среды обитания человека используем устойчивости Ляпунова и Лагранжа, т.е. задаваемые параметры по оси ординат ограничивают сверху экономическую устойчивость, и снизу экологическую и социальную устойчивости природной системы, что в определенной степени соответствует концепции устойчивости речных экосистем, предложенной М.Ж. Бурлибаевым [2, 3, 4, 5]. При этом, как и в античные времена, основная ценность для обоснования критерия оценки эколого-экономической устойчивости принят Человек, определяющий уровень своего взаимоотношения со средой обитания, включая его мыследеятельностную, социальную и материальную составляющие.

В рамках интенсивного использования природных ресурсов и преобразования необходимо новое самоопределение человечества, соответствующий тому факту, что человек стал крупнейшей геологической силой на планете, т.е. мощным фактором, разрушающим сбалансированность в развитии экосистемы и, в том числе, свой среды обитания. При этом возрастающие повседневные возможности и потребности человека направлены на искусственно-техническое преобразование среды обитания и самого себя, требующие для самосохранения решить сложные многофакторные пространственно-временные задачи, для нахождения эковиталистического уровня использования природных ресурсов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антоновский М.Я. и др. Методология построения балансовых эколого-экономических моделей. – В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. т. 3,- С. 229-247.
2. Бурлибаев М.Ж. К вопросу определения концепции устойчивости речных экосистем // Гидрометеорология и экология, №2, 2000.- С. 24-33.

3. Бурлибаев М.Ж. Биопродуктивность травостоя пойменных лугов р. Шу как индикатор динамического развития речной экосистемы // Гидрометеорология и экология. – 1998. №1-2. С. 79-93.
4. Бурлибаев М.Ж. К вопросу определения устойчивости речных экосистем // Географические основы устойчивости развития Республики Казахстан, -Алма-Ата: Наука. 1998. С. 212-216.
5. Бурлибаев М.Ж. Об одной задаче оценки сравнительной устойчивости речной экосистемы из детерминированного равновесия состояния ее развития // Гидрометеорология и экология. – 1998.-№. – С. 69-84.
6. Достай Ж.Д., Церегородцева А.Г. Оценка влияния водного режима реки Ертыс на экологическую устойчивость пойменных ландшафтов Павлодарского Прииртышья // Материалы международной научно-практической конференции « Проблемы гидрометеорологии и экологии», Алматы, 2001. – С.75-81.
7. Жаутыков О.А. Математика и научно-технический прогресс. Алма-Ата, Наука, 1978. – 212 с.
8. Заурбеков А.К. Научные основы рационального использования и охраны водных ресурсов бассейна рек // Автореферат дисс. д.т. наук, Тараз, 1998.-50 с.
9. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л. Гидрометеиздат, 1984. –560 с.
10. Левич А.П. Понятие устойчивости в биологии. Математические аспекты. – В кн. Человек и биосфера, вып. 1. М.: изд-во МГУ, 1976. – С. 138-174.
11. Лемешев М.Я. Эколога-экономическая модель природопользования. – Всесторонний анализ окружающей природной среды. Труды 11 советско-американского симпозиума. Л.: Гидрометеиздат, 1976. – С. 266-276.
12. Ляпунов А.М. Исследование одного из особенных случаев задачи об устойчивости движения. – Л., ЛГУ, 1963. – 116 с.
13. Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения (рассуждения А. Ляпунова) - Харьков, Изд-во Харьковского математического общества, 1892. – 250 с.
14. Мирцхулава Ц.Е. Всегда ли оправдана жесткая стратегия экологизации // Мелиорация и водное хозяйство, №3, 1993. – 8-9.
15. Мустафаев Ж.С. и др. Математическое моделирование формирования и функционирования водохозяйственных систем, Тараз, 2000. – 125 с.
16. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане, Алматы, 1997. 358 с.
17. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаева Л.Ж. Критерии устойчивости экологической системы // Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды, часть 2, Алматы, 1998, С. 24-25.
18. Мустафаев Ж.С., Мустафаева Л.Ж., Мустафаев К.Ж. Обоснование критериев устойчивости экологической системы // Гидрометеорология и экология. –1999, №4, С. 65-73.

19. Мустафаев Ж.С., Мустафаева Л.Ж., Мустафаев К.Ж. Проблемы обоснования концептуального критерия устойчивости экологической системы // Наука и образования Южного Казахстана.-2000, №11(18), С. 60-64.
20. Мустафаева Л.Ж., Мустафаев К.Ж., Койбагарова К.Б. Экологическое и экономическое обоснование устойчивости природной системы // Материалы 4-й Международной научной конференции «Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды», Щучинск, 2002.- С. 212-214.
21. Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологические принципы регулирования гидрохимического режима орошаемых земель. – Санкт-Петербург . – 1995. –360 с.
22. Светлосанов В.А. О стабильности экосистем // Вестник МГУ. – 1976. - №4. - С. 89-94.
23. Свирежев Ю.М. Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
24. Семенов С.М. Об устойчивости стационарных состояний динамических систем. – В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1979, т. 2, - С. 197-205.
25. Федоров В.Д., Соколова С.А. Опыт оценки устойчивости водной экосистемы // Гидробиологический журнал. – 1973. Т. 1X. №2. - С. 11-14.
26. Bourdeau P., Treshow M. Ecosystem response to pollution. – In: Principles of Ecotoxicology /Ed, G/C/ Butler/ - SCOPE, rep. 12. Chichester; John Wiley and Sons, 1978, P. 91-114.

Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства

## **ТАБИҒИ ЖҮЙЕНІҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН АДАМЗАТТЫҢ ӨМІР СҮРЕТІН ОРТАСЫ ТҰРҒЫСЫНАН БАҒАЛАУ**

Қ.Ж. Мұстафаев

*Табиғи жүйенің бөлшектерінің экологиялық, экономикалық және әлеуметтік математикалық бейнесінің негізінде, табиғи ортаның орнықтылығының адамзаттың өмір сүретін ортасы тұрғысынан бағалаудың әдістемелік нұсқасы ұсынылған.*

УДК 504.054

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ Г. АСТАНЫ, КАК СЛЕДСТВИЕ  
УРБАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ**

А.Н. Литвиненко

Канд. геогр. наук В.Г. Сальников

*В работе рассмотрены поля ветра, температуры, осадков и рельеф местности, определяющие накопление примесей в атмосфере г. Астаны и их влияние на освоение территории, а также на распространение загрязняющих веществ в воздушном бассейне. Рассмотрены данные наблюдений за концентрациями примесей, их содержание при осадках, изменение среднегодового уровня загрязнения за период с 1995 по 1999 года, годовой ход индекса загрязнения атмосферы, превышение предельно допустимых концентраций в период начала развития города, как столицы.*

Город Астана, расположен в центральной части Республики Казахстан. Его территория носит преимущественно равнинный характер с небольшими слабовыраженными возвышенностями, относительные высоты которых от 30 до 40 м., чередующиеся с понижениями, большинство которых занято озерами. Лесов на территории города нет, имеются лишь искусственные лесополосы и парки.

Климат Акмолинской области, находящийся в глубине азиатского континента, характеризуется большой изменчивостью температуры, влажности воздуха и других метеорологических элементов как в суточном, так и в годовом ходе [3]. Здесь имеют место значительные годовые и суточные амплитуды температуры воздуха (7...10°C), максимальное количество осадков отмечается в летний период (июнь-август) 41...52 мм/год, преобладающими направлениями ветра являются западные и юго-западные составляющие со средней скоростью 4...5 м/с и числом штителей 6...9 случаев в месяц [4].

Развитие города, связанное с получением статуса столицы Республики, привело к увеличению числа промышленных предприятий и транспортных средств, началось активное освоение территории и ее урбанизация. Все это повлекло за собой ухудшение экологической обстановки города, что вполне может повлиять и на некоторое изменение макроклимата как города,

так и региона в целом. Для проверки данного предположения, были проведены исследования, некоторых результаты которых приведены в статье.

### **Основные процессы, определяющие накопление примесей в атмосфере г. Астаны**

В воздушный бассейн города с выбросами промышленных предприятий и транспорта за год поступают сотни, а то и тысячи тонн различных веществ. В зависимости от климатических условий, определяющих перенос, рассеивание и вымывание вредных веществ атмосферными осадками, от фотохимических реакций в атмосфере, а также количественного и качественного состава выбросов, их периодичности, высоты, на которой они осуществляются и многих других факторов, формируется уровень загрязнения атмосферы.

Для полного описания распространения газо-аэрозольных выбросов в атмосферу, необходимо учесть процессы вымывания, влажного выведения, радиоактивного распада и трансформации химических и агрегатных состояний загрязняющих веществ. Различные загрязнения, поступающие в результате человеческой деятельности в атмосферу, распространяются в ней на большие расстояния. Многолетние исследования показывают, что влияние крупного города обнаруживается при удалении от него до 100...150 км по направлению ветра. Загрязняющие примеси проникают также в вертикальном направлении на большую высоту, оказывая влияние на физические и химические процессы в атмосфере [1].

Накопление, перенос и рассеивание примесей, поступающих в атмосферу, осуществляются по законам турбулентной диффузии, а время сохранения примесей в атмосфере зависит от множества факторов, доминирующее значение среди которых принадлежит метеорологическим условиям. Для изучения распространения загрязняющих веществ в атмосфере требуются знания о трех метеорологических элементах, обуславливающих поведение введенных в нее веществ: полей ветра, температуры и различных фаз воды [2]. Наиболее существенным является поле ветра (скорость и направление), формирующие адвективный перенос загрязняющих веществ, он определяет расстояние, на которое переносятся вредные примеси, их ареал распространения, время пребывания в атмосфере и уровни концентрации в отдельных районах.

Из теоретических исследований, приведенных в работе Э.Ю. Безуглой [2], известно, что максимум наземной концентрации примесей от отдельного источника достигается в случае нагретых выбросов на рассто-

янии, равном примерно 20 высотам труб, в случае холодных выбросов на расстоянии, равном 5...10 высотам труб. Зоны более высоких концентраций примесей создаются в подветренных районах по отношению к источникам выбросов. Особенно заметно влияние направления ветра на распространение примесей от отдельно расположенного источника выбросов специфических вредных веществ, например свинца, фтористых соединений и др. Помимо метеорологических факторов, среднее поле концентрации примеси в городском воздухе, также определяется размещением источников, количеством и интенсивностью производимых выбросов, их производственных характеристик.

Особенности вертикального распределения температуры воздуха, в основном оказывают влияние на высоту распространения и степень перемешивания выбрасываемых веществ. Измерения вертикальных профилей различных загрязняющих веществ показывают, что большинство из них сосредоточено в нижнем двухкилометровом слое атмосферы. Ограниченность числа метеорологических станций не дает возможности получить полное представление о поле температуры воздуха в городе, однако, некоторый нагрев воздуха в городе (помимо метеорологических факторов), исследователи связывают с изменением теплового баланса за счет существующих застроек, характера подстилающей поверхности и материала из которого изготовлены сооружения.

Измерения температуры воздуха в крупных городах, показали, что острова тепла присущи почти всем промышленным районам, при этом разности температур город – окрестности изменяются от 1 до 10 °С [5]. Влияние города на температуру воздуха зависит от погодных условий и некоторых других факторов (при слабом ветре и ясной погоде это влияние возрастает, а при усилении ветра и увеличении облачности уменьшается). Изучение поля температуры позволило выявить разницу между городом и пригородом, которая составила в среднем 1...4 °С. Это довольно большой показатель для такого небольшого города как Астана. В более крупных промышленно развитых районах, аналогичный градиент температуры может достигать 12 °С [5].

Значительное количество примесей может сосредотачиваться в облаках, особенно при неустойчивой стратификации атмосферы, и вместе с ними переноситься из одних районов в другие. Очищение атмосферы заметно возрастает при выпадении осадков. В течение первых часов после их выпадения концентрация пыли и сернистого газа на 25...50% ниже, чем при длительном

отсутствии таковых. Скорость уменьшения сернистого газа увеличивается с возрастанием интенсивности дождя. Облачная погода, без осадков, способствует накоплению опасных, для человека и природы в целом, веществ, тогда как продолжительные морозящие осадки способствуют осаждению и вымыванию примесей [1]. Кроме этих факторов, на распределение примесей в атмосфере, оказывает влияние рельеф местности. Распределение примеси в условиях сложного рельефа и над ровной поверхностью существенно различаются из-за деформации потока препятствиями.

Город Астана расположен в центральной части республики, метеорологическая станция расположена на северо-восточной окраине Тенгизского равнинного сухо-степного района Казахского мелкосопочника, на правом возвышенном берегу реки Ишим, абсолютная высота 347 м. Окружающая местность города носит преимущественно равнинный характер с пологими слабовыраженными возвышенностями, относительные высоты которых от 30 до 40 м, чередующиеся с понижениями, большинство которых занято озерами. Такое географическое положение города способствует беспрепятственному оттоку примесей из его воздушного пространства.

На загрязнение атмосферы Астаны, большое влияние оказывает урбанизация города. Огромный вклад, в ухудшение состояния атмосферного бассейна, вносят предприятия металлургии и топливной промышленности. Они являются основными источниками выбросов двуокиси серы, сернистого газа, окиси углерода, двуокиси азота и многих других загрязняющих веществ. Такой вывод можно сделать, проанализировав данные по наблюдениям за концентрациями примесей. Данные наблюдений позволяют определить тенденцию роста концентраций примесей в начальный период развития города, как столицы Республики, и по данный момент.

В это время, возобновили свою деятельность многие крупные предприятия, увеличилось число транспортных средств, что повлекло за собой некоторые изменения метеорологических и экологических параметров. Так, например, в период с 1990 по 1995 годы в Астане увеличилось число дней со скоростью ветра в городе 0...1 м/с, что способствует накоплению вредных промышленных примесей, в окрестностях города такого не наблюдалось.

При рассмотрении содержания примесей в атмосфере города во время возникновения осадков, было установлено, что повышенные концентрации пыли и сернистого газа редко наблюдаются после дождя, а уда-

ление их из атмосферы в большой степени зависит от интенсивности и количества выпавших осадков.

В период с 1995 по 1999гг, отмечен рост концентраций пыли оксида серы и оксида углерода. По данным среднесезонных показателей концентраций примесей рассчитано изменение среднегодового уровня загрязнения ( $q_{ср}$ , мг/м<sup>3</sup>) (табл.).

Таблица

Изменение среднегодового уровня загрязнения в Астане (мг/м<sup>3</sup>)

Примесь	Год				
	1995	1996	1997	1998	1999
Пыль	0,03	0,01	0,12	0,11	0,23
Диоксид серы	0,017	0,003	0,002	0,002	0,032
Оксид азота	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03
Оксид углерода	1,66	1,66	2,05	2,46	2,36

Если в 1995 г. средняя концентрация примесей пыли и диоксида серы была 0,03...0,017 мг/м<sup>3</sup>, то уже к 1999 году эти показатели достигли величин порядка 0,23...0,032 мг/м<sup>3</sup> соответственно. Так же существенно изменилось содержание оксида углерода (1,66...2,36 мг/м<sup>3</sup>), количество оксида азота практически не менялось. Значения концентраций примесей превышали установленные ПДК. Если в начале рассмотренного периода, концентрации пыли не превышали ПДК, то уже в 1999г. превышение ПДК составило 11,3 %, повторяемость превышения ПДК средних концентраций диоксида азота увеличилась на 8,7 %.

Для оценки степени загрязнения атмосферы используется также комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) – безразмерная функция характеристик степени загрязнения атмосферы несколькими веществами. За пятилетний период, значение данного параметра в среднем увеличилось с 1,56 до 2,56 (Рис.). Максимальное значение ИЗА в марте 1998, связано с малым выпадением осадков в этот период. Особенно хорошо на рисунке видно тенденцию роста показателя - наибольший рост отмечается с 1997 по 1999 года.

В годовом ходе можно отметить, что пик загрязнения, в основном приходится на зимние месяцы. Это объясняется тем, что в холодное время начинается отопительный сезон (в полную мощность работает ТЭЦ), и несмотря на то, что в Астане появляется множество благоустроенных зда-

ний, частный сектор все же является одним из главных источников примесей атмосфере города.

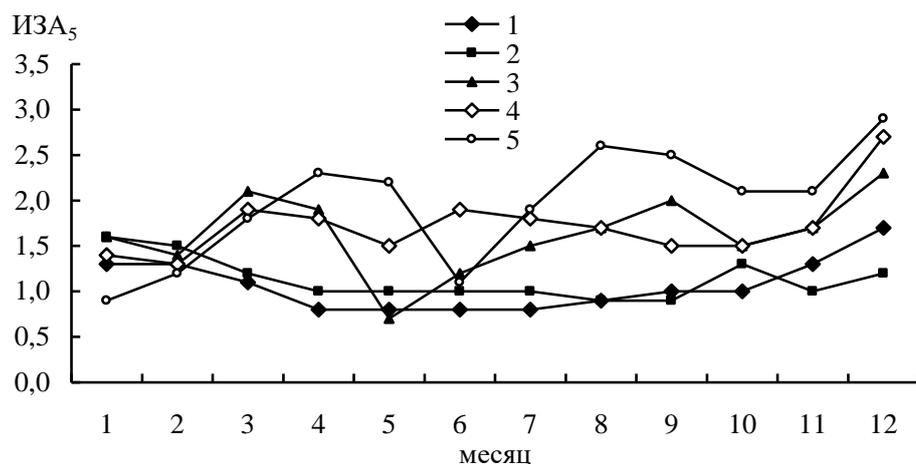


Рис. Годовой ход ИЗА. 1 – 1995 г., 2 – 1996 г., 3- 1997 г., 4 – 1998 г., 5 – 1999 г.

Уровень экологической напряженности г. Астаны – удовлетворительный, ИЗА не превышает 2,9. Среди загрязняющих атмосферу веществ преобладают: фтористый водород, оксид и диоксид азота, диоксид серы, пыль.

Источниками загрязнения воздуха являются ТЭЦ, в первую очередь ТЭЦ 2, чугунолитейный, асфальтобетонный, силикатный завод и завод бытовой химии. В городе насчитывается более 30000 автотранспортных единиц.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безуглая Э.Ю., Расторгуева Г.П., Смирнова И.В. Чем дышит промышленный город. -Л.: Гидрометеиздат. -1991. -253 с.
2. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. -Л.: Гидрометеиздат. -1980. - 184 с.
3. Климат Казахстана / Под редю А.С. Утешева. -Л.: Гидрометеиздат. - 1959. – 368 с.
4. Справочник по климату СССР. - Вып. 18, Казахская ССР, Книга 2. - Л.: Гидрометеиздат. -1989. – 550 с.
5. Панова Е.Н. О статистической структуре сезонной температуры воздуха в Казахстане // Тр. КазНИИ. -1998. -Вып. 100. -С.59-65.

РГП “Казгидромет”

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

## ТЕРРИТОРИЯЛЫ ИГЕРУ НӘТИЖЕСІНДЕГІ АСТАНА ҚАЛАСЫ АТМОСФЕРАСЫНЫҢ ЛАСТАНУЫ.

А.Н. Литвиненко

Геогр. ғылымд. канд. В.Г. Сальников

*Бұл мақалада Астана қаласындағы жел, температура, жауын-шашын өрістері және жер бетінің пішіні қарастырылған. Астана қаласының атмосферасында қоспалардың жинақталуына метеорологиялық параметрлар мен жаңа территорияларды игеру әсерлері алықтанған. Сонымен қатар ластануыштардың ауа бассейнінде таралуы көрсетілген. 1995-1999 жылдардағы қоспалардың концентрациясы, олардың жуын-шашында байқалатын мөлшері, ластанудың орташа жылдық деңгейінен өзгеруі, ластану индекстың жылдық жолы, мөлшерші шекті шамасынаң артуы көрсетілген. Бұл өзгерістер қаланың астана ретінде дамыған кезіндегі мерзімі қарастырылған.*

УДК 551.461.25 (465.75)

**ПРИМЕНЯЕМЫЕ МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ  
ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕТУЧИХ ЭМИССИЙ МЕТАНА В  
УГОЛЬНОМ СЕКТОРЕ КАЗАХСТАНА**

В.П. Идрисова

*В статье обосновывается необходимость использования детального подхода и местных данных при инвентаризации эмиссии шахтного метана от угледобычи в Казахстане. Дается сравнение результатов инвентаризации выбросов метана от угольного сектора республики, полученных разными подходами. Предложены возможные направления дальнейшего уточнения инвентаризации в данном секторе.*

Согласно статьи 4 Рамочной Конвенции ООН по Изменению Климата (РКИК ООН), которую Казахстан ратифицировал в 1995 г., одним из основных обязательств всех стран-участниц является разработка, периодическое обновление и публикация национальных кадастров антропогенных выбросов из источников и поглощения парниковых газов (ПГ) [5]. Более того, в случае вступления в силу Киотского протокола и его ратификации Казахстаном, потребуются более тщательная инвентаризация ПГ для участия в механизмах Киотского Протокола.

Инвентаризация источников выбросов и стоков парниковых газов в Казахстане проводилась КазНИИМОСК с 1990 г., при этом определялись ключевые источники выбросов. Последнее имеет большое значение для выявления приоритетов при проведении инвентаризации ПГ и уменьшения неопределенности полученных результатов. Анализ категорий источников показал, что летучие эмиссии метана при добыче, транспортировке и хранении угля занимают 6 и 7 место в списке основных источников в 1992 и 2000 гг. соответственно. Однако, уже в 2001 г. после применения более детального метода оценки эмиссий в угольном секторе, данный источник «вышел» на четвертое место и вносит около 6,5 % в общие национальные эмиссии ПГ [3]. Более того, по своему потенциалу глобального потепления метан в 21 раз «сильнее» CO<sub>2</sub>, поэтому оценка эмиссий CH<sub>4</sub> должна быть как можно более точной.

Для проведения инвентаризации выбросов парниковых газов используется международная методология Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), представленная в "Пересмотренных руководящих принципах национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 1996 года" [8]. Такое применение «унифицированной» методологии позволяет сравнивать результаты инвентаризаций разных стран.

Руководство МГЭИК дает достаточно пространства для использования местных данных при оценке метана, где это возможно. Так, методология предусматривает три Ряда – «универсальных» подхода для оценки эмиссий:

1. Ряд I основан на массовом балансе добычи угля с разбиением на открытый и закрытый способы, и последующую деятельность (транспортировка, хранение угля и др.). Также Руководство МГЭИК предлагает диапазон среднемировых коэффициентов эмиссий метана для использования по умолчанию, при отсутствии уточненных местных коэффициентов для расчета выбросов метана. Данный ряд наиболее подходит для использования, если угледобыча не входит в список 20-ти основных источников эмиссий в стране;
2. Ряд II основан на расчете эмиссий метана по формулам, которые учитывают характеристики местного добываемого угля (метаноносность пластов, характеристики вмещающих пород и др). Данный подход является более детальным, соответственно, более точным, однако, он требует наличия данных о характеристиках угля, а также детальной разбивки данных об объемах добычи угля по месторождениям;
3. Ряд III, который применим только для добычи угля закрытым способом, так как основан на фактических измерениях эмиссий шахтного метана, которые производятся на шахтах в целях обеспечения безопасности. Ряд наиболее точен, однако, получение данных о выбросах может быть связано с рядом трудностей, в частности, отсутствием законных оснований для сбора такого типа информации.

Во всех инвентаризациях ПГ, проводимых до 2001 г., расчет выбросов метана в атмосферу от добычи угля и последующей деятельности (хранение и транспортировка) производился на основе Ряда I из-за недостатка детальных статистических данных. Использование данных отчетных таблиц экологической статистики № 2-тип (воздух) также не представляется возможным, поскольку эмиссии метана в данной форме не показы-

ваются, отчетность ведется по углеводородам и летучим органическим соединениям отдельно, но без пересчета на метан. Более того, данные таблиц предназначены для контроля на отчитывающихся предприятиях за непревышением предельно допустимых выбросов (ПДВ), а также за соблюдением этих норм [4]. Соответственно, предприятия, являющиеся источниками эмиссий метана, контролируют только концентрацию метана в целях безопасности, чего не достаточно для выполнения задач инвентаризации.

В Казахстане добыча угля производится как открытым, так и закрытым способами. Самыми крупными угольными бассейнами являются Карагандинский и Экибастузский, доля которых в общем объеме добычи угля в стране составляет 95 %, поэтому сбор данных по месторождениям не должен представлять особых трудностей. Подземная добыча ведется только в Карагандинском бассейне. В результате ликвидации и реструктуризации за период 1990...2000 гг. из 26 шахт бассейна осталось только 12 шахт, а доля добычи угля подземным способом сократилась с 27 до 11 % в общем угольном балансе республики. Однако, вклад закрытой добычи угля в общие эмиссии метана от угольной деятельности в 2000 г. составлял 77 % [2].

По оценкам специалистов угольные пласты Карагандинского бассейна весьма газообильны по метану и склонны к внезапным выбросам угля и газа. Добыча 1 т угля сопровождается выделением в горные выработки шахт от 30 до 45 м<sup>3</sup> метана, средствами дегазации и вентиляции ежегодно извлекается около 400 млн м<sup>3</sup> метана и только около 12 млн м<sup>3</sup>/год утилизируется для собственных нужд [1]. При этом, максимальные коэффициенты эмиссий метана для шахт закрытой добычи, предложенные в Руководстве МГЭИК и используемые в расчетах по Ряду I, составляют всего 25 м<sup>3</sup>/т угля. Очевидно, что использование методологии Ряда I приводит к значительному недоучету выбросов СН<sub>4</sub> от угледобычи.

Разрезы открытой добычи в Казахстане также считаются «газовыми» для открытого способа (метаноносность пластов составляет около 9 м<sup>3</sup>/т), и хотя концентрация метана в смеси не превышает 1 %, вентиляция ведет к значительным эмиссиям метана, из-за большого объема не улавливаемого и не утилизируемого газа [6].

Принимая во внимание большой вклад закрытой добычи в общие эмиссии метана от угольной деятельности, основные улучшения при инвентаризации были сделаны в этом секторе добычи, где для расчета эмиссий использовалась методология Ряда III, то есть фактические выбросы,

замеренные на шахтах. Для крупных разрезов открытой добычи – «Бога-тырь», «Северный» и «Восточный» - использовалась методология Ряда II, основанная на метаноносности угольных пластов. И для мелких разрезов открытой добычи все еще использовался подход Ряда I с применением мировых коэффициентов эмиссий. Общая методология оценки шахтного метана основана на уравнении, предложенном в пересмотренном Руководстве МГЭИК, и имеет следующий вид:

$$E = E_{\text{ПД}} - E_{\text{У}} + E_{\text{ОТ}} + E_{\text{ПОС}}$$

где  $E$  – общая эмиссия  $\text{CH}_4$  (тыс. т),  $E_{\text{ПД}}$  – эмиссии от подземной добычи (тыс. т),  $E_{\text{У}}$  – утилизированный и (или) сожженный метан (тыс. т),  $E_{\text{ОТ}}$  – эмиссии от открытой добычи (тыс. т),  $E_{\text{ПОС}}$  – эмиссии от последующей деятельности (тыс. т).

Данные для расчета эмиссий метана были предоставлены специалистами Угольного Департамента ОАО «Испат-Кармет», ТОО «Бога-тырь Ак-сес Комир», ОАО «Евразийская Энергетическая Корпорация» и Агентства РК по Статистике. Общий объем эмиссий метана от шахт закрытой добычи был рассчитан как сумма эмиссий метана из систем вентиляции и дегазации за вычетом объема утилизированного и (или) сожженного метана.

Эмиссии метана при открытой добыче оценивались отдельно для крупных разрезов (Ряд II) и многочисленных мелких разрезов (Ряд I) на основе уравнений [8], приведенных ниже:

$$\text{Ряд I. } E = V \times EF_d$$

$$\text{Ряд II. } E = (G_{\text{in-situ}} + EF_{\text{sur}}) \times V$$

где  $E$  - эмиссия  $\text{CH}_4$  (млн  $\text{м}^3$ ),  $G_{\text{in-situ}}$  - метаноносность угольного пласта ( $\text{м}^3 \text{CH}_4/\text{т}$ ),  $EF_{\text{sur}}$  – коэффициент эмиссии для вмещающих пород ( $\text{м}^3 \text{CH}_4/\text{т}$ ),  $EF_d$  – коэффициент эмиссии по умолчанию ( $\text{м}^3 \text{CH}_4/\text{т}$ ),  $V$  – объем добычи угля (открытым или закрытым способом) (млн т).

Эмиссии метана при последующей деятельности (хранение, транспортировка) от угля, добытого закрытым способом, оценивались на основе национального коэффициента эмиссий, равного  $1 \text{ м}^3 \text{CH}_4$  на тонну добытого угля с применением уравнения Ряда I. Данный коэффициент был рассчитан экспертами «Испат-Кармет» с учетом национальных условий. Эмиссии метана при последующей деятельности от открытой добычи угля на основе экспертной оценки были приняты равными нулю [6].

Результаты инвентаризации эмиссий метана от шахт Казахстана представлены в таблице. Общий объем выбросов в 2001 г. оценивался в

454 тыс. т, что более чем в 2,5 раз меньше уровня 1990 г.

Таблица

Эмиссии CH<sub>4</sub> от угольного сектора Казахстана, тыс. т

Деятельность	Год											
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Закрытая добыча Ряд III	786	747	734	751	554	527	310	265	232	171	219	205
Открытая добыча Ряд II	349	348	328	311	287	278	247	222	189	172	239	225
Открытая добыча Ряд I	31	29	32	21	20	2	12	16	18	16	20	27
Последующая деятельность	24	25	23	21	20	16	10	9	6	5	5	7
Утилизованный метан	6	7	8	9	4	4	2	3	7	8	8	10
<b>Всего</b>	<b>1184</b>	<b>1141</b>	<b>1109</b>	<b>1095</b>	<b>876</b>	<b>819</b>	<b>577</b>	<b>509</b>	<b>438</b>	<b>356</b>	<b>475</b>	<b>454</b>

Примечание: Сумма может не совпадать из-за округления.

Эмиссии метана сокращались в период с 1990 по 1999 гг. в среднем на 92 тыс. т/год, а в 2000 г. наблюдался небольшой рост в объемах эмиссий. При этом вклад подземной и открытой добычи угля постоянно менялся. Если в 1990 г. доли составляли 68 и 32 % для закрытой и открытой добычи, соответственно, то в 2001 г. соотношение поменялось на 45 и 55 %. Сокращение эмиссий в данном секторе в первую очередь связано с сокращением объемов добычи угля закрытым способом, поскольку утилизация шахтного метана не является распространенной практикой в Казахстане. При этом на каждый не добытый миллион тонн угля от подземной добычи приходилось почти 23 тыс.т сокращения выбросов метана, тогда как это значение для открытой добычи составляет менее 5 тыс.т.

Одним из важных шагов в проведении инвентаризации является оценка неопределенности расчетов выбросов [8]. Использование более детальных данных при оценке объемов эмиссий ведет к сокращению неопределенности. Использование комбинации Рядов II и III, то есть измеренных и расчетных эмиссий с учетом национальных условий позволило уменьшить общий уровень неопределенности с 60 % в предыдущих инвентаризациях до  $\pm 20$  %. На рис. показано сравнение эмиссий метана от угольной деятельности в Казахстане, полученные разными подходами.

Как видно, тренды выбросов по всем трем Рядам идентичны, однако в натуральном выражении эмиссии по Рядам I и II недооценивались в среднем на 34 и 25 %, соответственно.

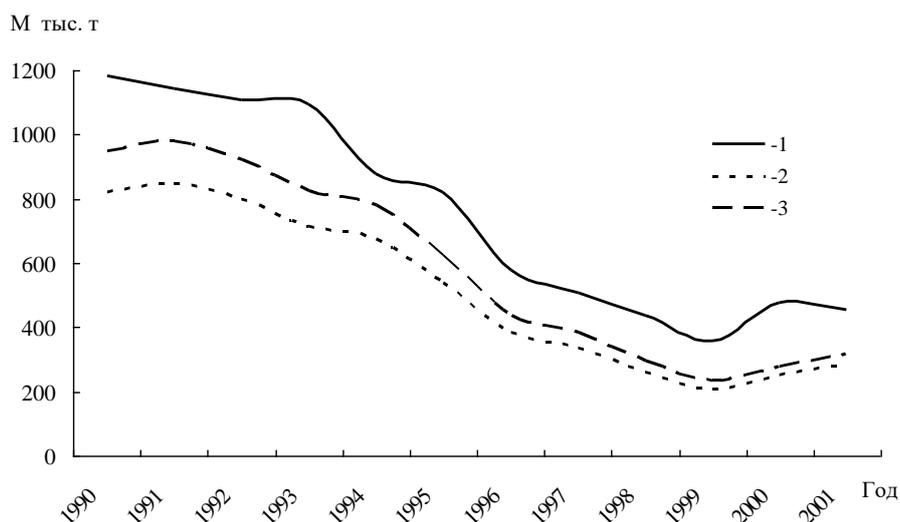


Рис. Эмиссии метана от угольного сектора Казахстана за 1990...2001 гг.  
 1 – Ряд III (закр. добыча) и Ряд II (откр. добыча);  
 2 – Ряд I (закр. и откр. добыча); 3 – Ряд II (закр. и откр. добыча).

Согласно Руководству МГЭИК выбросы ПГ необходимо пересчитывать для предыдущих лет при любых изменениях в данных или методологии для построения однородного ряда. Таким образом, эмиссии  $\text{CH}_4$  от угольного сектора Казахстана должны пересчитываться каждый раз, когда будут обновляться данные о метаносности угольных пластов или при переходе с методологии Ряда I на более детальную методологию. В будущем для улучшения качества инвентаризации и уменьшения уровня неопределенности оценок эмиссий предполагается использование методики Ряда II для всех предприятий открытой добычи угля в Казахстане. Возможна также оценка эмиссий метана от выработанных и законсервированных шахт.

Улучшение качества инвентаризации метана от угольной деятельности важно еще и потому, что результаты могут использоваться для проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в рамках Конвенции по Трансграничному переносу загрязняющих веществ, которую Казахстан подписал в 2001 г, поскольку добыча угля является также одним из источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баймухаметов С.К., Швец И.А. Опыт извлечения и утилизации метана

- на шахтах карагандинского угольного департамента АО «Испат-Кармет» и потенциальные возможности снижения эмиссии метана в атмосферу// Доклады Второй Международной Конференции «Сокращение Эмиссий метана». – 2000 – Новосибирск. – С. 472-475.
2. Инвентаризация выбросов парниковых газов в Республике Казахстан за 2000 г.: Отчет по теме. – Алматы, 2001. – 97 с. – Отв. исп. И.Б. Есеркепова.
  3. Инвентаризация выбросов парниковых газов в Республике Казахстан за 2001 г.: Отчет по теме. – Алматы, 2002. – 150 с. – Отв. исп. И.Б. Есеркепова.
  4. Инструкция о порядке составления государственного статистического отчета об охране атмосферного воздуха по форме № 2-тп (воздух). – Алматы: Агентство Республики Казахстан по статистике, 2000. – 2с.
  5. Конвенция по Изменению Климата. – Бонн, 1998. – 30 с.
  6. Ответ на запрос о данных для проведения инвентаризации в угольном секторе Казахстана. ТОО «БАК», 2002.
  7. Пересмотренные Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК. – 1996. – т. 1,2,3.
  8. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories//IPCC Secretariat. 6<sup>th</sup> session. Montreal. – 2000. – 494 p.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

## **ҚАЗАҚСТАННЫҢ КӨМІР ӨНДІРУ САЛАСЫНДАҒЫ МЕТАН ҰШҚЫР ЭМИССИЯЛАРЫН ТҮГЕНДЕУДІҢ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ НӘТИЖЕЛЕРІ**

В.П. Идрисова

*Мақалада Қазақстандағы көмір өндіру кезінде пайда болатын шахталық метан эмиссиясын түгендеу кезінде жан-жақты зерттеу мен жергілікті мәліметтерді қолдану қажеттілігі дәлелденген. Республиканың көмір өндіру саласындағы әртүрлі әдіс-тәсілдермен жасалған метан таралуын түгендеу нәтижелері салыстырылған. Осы саладағы түгендеуді әрі қарай нақтылаудың мүмкін бағыттары ұсынылған.*

УДК 504.(282.255.5)

**ОБ УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ ИЛИ-БАЛХАШСКОГО  
БАССЕЙНА**

Е.Д. Николаев

*Современные проблемы Или-Балхашского бассейна, принципиальные положения устойчивого развития региона – вот, главная цель данной статьи.*

Или-Балхашский бассейн (ИББ) является одним из крупнейших озерных экосистем планеты и представляет собой уникальный природный комплекс, по площади превышающий размеры многих государств. Он занимает обширную территорию в 413 тыс. км<sup>2</sup> на Юго-востоке Казахстана и Северо-западе Китая. В бассейне проживает пятая часть населения страны, половину которого составляют сельские жители.

**Потенциал и проблемы бассейна**

Водные ресурсы составляют основу для жизнедеятельности ИББ. Бассейн богат поверхностными и подземными водными ресурсами. Они, в сочетании с благоприятными климатическими условиями, обусловили формирование и развитие в регионе производительных сил и интенсивного сельскохозяйственного производства. В бассейне более 45 тысяч рек, временных водотоков и логов общей протяженностью 118 тыс. км. Наиболее крупная из них река Или (до 75 % водосборной площади бассейна). При впадении в Балхаш она образует дельту с площадью 8 тыс. км<sup>2</sup>. Дельта гидравлически связана с озером и играет роль природного регулятора по поддержанию экологического равновесия в экосистеме, отдавая часть запасов воды озеру в засушливые годы. Она является средой обитания диких животных и птиц, кормовой базой для домашних животных. В бассейне, кроме рек, около 24 тысяч озёр и искусственных водоёмов.

Уровень озера Балхаш является одним из основных индикаторов состояния всей экосистемы бассейна. До зарегулирования стока его уровень циклически изменялся, в основном, между отметками 341 и 342 м БС. После строительства Капшагайской ГЭС уровень озера находился ниже отметки 341 м с 1984 по 1989 гг. (минимум 340,65 м в 1987 г.). В мае 2001 г. уровень наблюдался на отметке 341,87 м.

Изменение гидрологического режима рек и водного баланса бассейна является определяющим для взаимосвязанных между собой экономических, социальных и экологических проблем. С началом интенсивной хозяйственной деятельности в бассейне нарушился естественный режим экосистемы, включая гидрологический режим оз. Балхаш. К 1991 году общий объем потребления воды увеличился почти вдвое и составлял  $7,51 \text{ км}^3$  в год. Соответственно снизился приток воды в оз. Балхаш до  $12,1 \text{ км}^3$  в год (1992), из них по р. Или –  $10,5 \text{ км}^3$  (1992). Как следствие, в 80-е годы произошло понижение уровня озера и деградация прибрежных территорий. Площадь его поверхности сократилась с 21,4 тыс.  $\text{км}^2$  в 1961 г. до 17,07 тыс.  $\text{км}^2$  в 1999 г. Уменьшился переток воды из западной части озера в восточную с 2,7 до  $2,1 \text{ км}^3$  в год, что вызвало повышение солености воды в районе г. Балхаша с 1,5 до  $2,3 \text{ г/дм}^3$ .

Нарушения гидрологического режима озера были бы значительнее, если бы дельта Или не выполняла роль естественного контррегулятора. Подобно «губке» она нивелирует сток в озеро за счет собственного разрушения с соответствующими экологическими и социально-экономическими последствиями.

Устойчивость водного баланса бассейна зависит от количества воды, поступающей с территории Китая. Формируемый в водосборной части китайской территории сток Или составил в 2000 г.  $15,09 \text{ км}^3$  или 77 % от общего стока. Водопотребление и загрязнения ранее были обусловлены чисто сельскохозяйственным производством. На китайской части бассейна р. Или изъятие воды и потери стока равны  $4,42 \text{ км}^3/\text{год}$ . Наблюдается загрязнение воды органикой, нефтепродуктами и другими веществами.

Угроза повышенного водозабора из р. Или со стороны Китая является дополнительным фактором риска для развития региона. Водозабор в 10...15 % приведет, по мнению специалистов, к обмелению и засолению Балхаша, к экологической катастрофе, аналогичной Аральской, к серьезным социально-экономическим последствиям[2].

Строительство Капшагайской ГЭС создало много проблем в дельте р. Или, которая представляет систему озер, рукавов, проток, стариц, перемежающихся с зарослями тростников и суходолов, является местом обитания и воспроизводства рыбы, ондатры, диких зверей. Площадь дельты за последние 30 лет сократилась. В связи с изменением стока взвешенных наносов происходит заиливание проток, изменился режим затопления и прекратилось обводнение озерных систем. Из 16 озерных систем осталось 5. В них возросла минерализация воды, увеличилось содержание пестици-

дов и тяжелых металлов, как в воде, так и в донных отложениях, в фито- и зоопланктоне, в тканях рыб. Накопление ила в водохранилище привело к сокращению биологического стока в дельту и, соответственно, к снижению плодородия пойменных почв. В результате сокращается урожайность сельскохозяйственных культур. Гибнут тугайные леса [1].

Изменение гидрологического режима рек связано также с деградацией водосборных частей бассейна. Из-за вырубки лесов и пожаров горные участки сильно оголены. Происходит перераспределение поверхностного стока. В перспективе значительное сокращение стока может произойти через ускоренное сокращение горных ледников, вызванное потеплением климата, загрязнением примесями антропогенного (Алматы) и природного происхождения. Сокращение ледников будет способствовать усилению засушливости климата и дальнейшему опустыниванию территорий. По предварительным оценкам процессы опустынивания охватили около 1/3 площади бассейна.

Экономическая деятельность, не учитывающая естественных, экологических ограничений, приводит к загрязнению и разрушению экосистем бассейна. В воде р. Или имеются повышенные содержания сульфатов, нитритов, органических соединений, пестицидов и тяжелых металлов, повышен уровень этих веществ и в восточной части озера. Источниками загрязнения являются промышленные предприятия, особенно Балхашский горно-металлургический комбинат, коммунальные сточные и коллекторно-дренажные воды.

Загрязнение поверхностных вод является одной из основных причин существующего дефицита питьевой воды в небольших населенных пунктах и бывших отделениях хозяйств. В 42 населенных пунктах население живет на привозной воде, в 403 ее извлекают без очистки из водоемов, шахтных и трубчатых колодцев. Действующая водопроводная сеть большинства районных центров, центральных усадеб и рабочих поселков находится в аварийном состоянии. Имеются и другие серьезные проблемы, такие как загрязнение воздушного бассейна населенных мест, нарушения водоохранных требований, подтопление и затопление земель.

Водный дефицит в бассейне обусловлен строительством Капчагайского водохранилища, отбором значительных объемов воды на сельскохозяйственное орошение. Берет свою дань аридный климат - тысячу километров водного слоя ежегодно, что составляет 1 млн м<sup>3</sup> воды с каждого квадратного километра водной поверхности. Для экосистемы речного бассейна

важно не только количество поступающей воды, но и режим ее поступления. Следствием регулирования вод в Капчагае и Китае явилось прекращение паводков - а это губительно для пойменных экосистем, созданных природой на фоне ежегодного длительного затопления - даже при сохранении объема стока. Но и сток значительно уменьшился [4].

Сегодня для этого региона характерны наиболее опасные проявления экологического кризиса, обозначенные в Концепции экологической безопасности Республики Казахстан: региональное техногенное опустынивание, деградация почв, истощение и загрязнение водных ресурсов, загрязнение атмосферы, обезлесение, необратимое сокращение биологического разнообразия и разрушения генетического фонда живой природы, накопление отходов антропогенной деятельности человека. Происходит сокращение естественных ареалов обитания животных и растений. Интенсивность потребления возобновляемых природных ресурсов (пресной воды, лесов, гумуса почв, биоресурсов) превышает их естественные темпы восстановления. Под угрозой разрушения и исчезновения находятся уникальные памятники истории и природы.

Все эти факторы сдерживают социально-экономическое развитие региона и снижают безопасность жизнедеятельности людей, проживающих в нем. Уменьшилось производство сельскохозяйственной и промышленной продукции, что привело к росту безработицы, поставив на грань нищеты большинство населения. Удельный вес занятых в производстве не превышает 20% от экономически активного населения.

### **Основные направления устойчивого развития**

Анализ ключевых проблем развития Или- Балхашского региона позволил построить цели и обозначить основные направления его устойчивого развития с учетом приоритетов национальных, региональных и глобальных стратегий и программ. Вся совокупность целей укладывается в рамки трех направлений устойчивого развития ИББ:

- Сохранение и восстановление экосистемы ИББ и гидрологического режима озера Балхаш, естественных (наземных и водных) экосистем как основного условия для сохранения и продолжения жизнедеятельности в регионе.
- Развитие экологически ориентированных видов деятельности, устойчивой энергетики и сельского хозяйства, транспортной и коммуникационной инфраструктуры.
- Развитие человеческого и социального потенциала, сохранение духовных и культурных ценностей.

Предлагаемые направления деятельности в Или-Балхашском регионе полностью отвечают задачам и приоритетам региональной политики Казахстана по структурным преобразованиям в соответствии с выбранной стратегией государственного и регионального развития, по экономическому развитию, по снижению бедности и безработицы, созданию новых рабочих мест и развитию предпринимательства, сохранению, реконструкции и развитию производственной, социальной и рекреационной инфраструктуры, обеспечению экологической безопасности всех видов деятельности. В соответствии с Концепцией региональной политики и с учетом самого низкого уровня жизни в бассейне, здесь необходимо основное внимание уделять развитию малых и средних предприятий, перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию, разрабатывать и осуществлять отдельные проекты по созданию и развитию промышленных, а также заготовительных и бытовых производств. Успех решения поставленных задач зависит, во многом, от межведомственной интеграции и координации, а также от налаживания взаимодействий с партнерами на региональном и глобальном уровнях.

Сохранение экосистемы является основным условием сохранения и поддержания жизнедеятельности в бассейне. Требуется провести оценку емкости экосистемы бассейна, определить экологические пределы для хозяйственной деятельности с последующей разработкой лимитов и нормативов природопользования, механизмов поддержки благополучного состояния окружающей среды.

Уровень оз. Балхаш является одним из основных индикаторов состояния экосистемы бассейна. Институтом «Казгипроводхоз» на основании математического моделирования и разработок института географии МОН РК определены оптимальные уровни озера Балхаш 341-342 м Балтийской Системы (БС), при которых обеспечивается жизнеспособное функционирование экосистемы «Озеро-Дельта».

Для поддержания оптимального гидрологического режима озера с уровнем не менее 341 м предполагается разработка стратегии интегрированного управления водными ресурсами бассейна, разработка и уточнение лимитов и нормативов водопользования, совершенствование механизмов контроля и стимулирования экономии воды.

**Вовлечение в оборот дополнительных водных ресурсов.** В бассейне имеются определенные резервы водных ресурсов, которые могут быть использованы для стабилизации водного баланса при его нарушении

под воздействием внешних факторов. До 4 км<sup>3</sup> воды накапливается в год в зоне рассеивания стока рек, где на поверхности образуются болота, мочажины, мелкие реки. Коллекторно-дренажные и сточные воды могут быть после дополнительного анализа и соответствующей подготовки использованы для орошения. Подземные воды являются крупным резервом в повышении водообеспеченности ИББ пресной водой. За счет их использования может значительно уменьшиться нагрузка на поверхностные водные ресурсы, улучшится экологическая обстановка р. Или и оз. Балхаш.

Одной из мер предотвращения потерь предлагается дренирование. Этот вид работ наиболее эффективен на засоленных и заболоченных землях, где дренирование не только даст экономию воды, но и улучшит условия природной среды.

**Улучшение качества поверхностных вод** должно быть основано на защите водных источников от загрязнения и водоохранных мероприятиях. Охрану водных ресурсов ИББ от загрязнения водных источников в результате хозяйственной деятельности предполагается осуществить по трем основным направлениям: охрана малых рек, охрана прибрежной зоны и акватории оз. Балхаш.

Для охраны вод малых рек предлагается разработка городами и населенными пунктами комплекса мер по предотвращению их загрязнения с ужесточением системы контроля за их выполнением. Целесообразно составление и уточнение схем малых рек, с комплексом мероприятий по их охране. Охрана вод Капшагайского водохранилища предполагает проведение крупных мероприятий, таких как реконструкция и расширение очистных сооружений и систем канализации городов, использование сточных вод на орошение с/х культур, установление водоохранной зоны по периметру водохранилища, создание лесопарковых массивов в зонах рекреации водохранилища[3].

Вопросы охраны оз. Балхаш и дельты р. Или тесно связаны с качеством природоохранной деятельности в бассейне. Задача состоит в разработке и реализации мер по уменьшению вредных выбросов и сбросов и, прежде всего, Балхашским ГМК. Важным мероприятием по охране озера является организация работ по водоохраным зонам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мариковский П.И. Балхашу грозит судьба Арала.// Алма-Ата, КазНИИ-ИНТИ, 1999, - 73 с.

2. Международный экологический Форум Балхаш – 2000. Сборник материалов и докладов. Выпуск 1. Алматы, 2000.
3. Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш. Под ред. Т.К. Кудекова. изд. «Каганат». Алматы, 2002, - 383 с.
4. Турсунов А.А. Географические проблемы Или-Балхашского бассейна. Сб. науч. статей; НАН РК. Ин-т географии. – Алматы: Ғылым, 1993, - 210 с.

Институт географии МОН РК

### **ІЛЕ-БАЛХАШ АЛАБЫНЫҢ ТҰРАҚТЫ ДАМУЫ ТУРАЛЫ**

Е.Д. Николаев

*Бұл мақаланың басты мақсаты – Іле-Балхаш алабының қазіргі кездегі мәселелері, аймақтың тұрақты дамуының принципалды ережелері.*

УДК 631.67(575)

**К ПРОБЛЕМЕ ОПТИМИЗАЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В  
ЦЕНТРАЛЬНО АЗИАТСКОМ РЕГИОНЕ**

И.Б. Кубанов

*В орошаемом земледелии стран Центральной Азии существуют большие возможности для экономии водных ресурсов. С помощью передовых ирригационных технологий, применяющихся во многих странах мира, в частности, в Израиле, можно сэкономить такое количество водных ресурсов, которого хватило бы для восстановления Аральским морем своего прежнего уровня. Делается попытка доказать это.*

**О проблеме Аральского моря**

Аральское море и территории, к нему прилегающие (Приаралье) – район экологического бедствия. Аналогичная катастрофа имела место только в Африке, в районе озера Чад, однако там масштабы экологического бедствия были значительно меньше. На глазах одного поколения людей практически исчезло с лица земли одно из крупнейших озёр.

Ещё недавно, в 1961 году, площадь Аральского моря, возникшего на Туранской низменности примерно 35000 лет назад, превышала 66000 км<sup>2</sup>. Оно считалось одним из самых больших озёр в мире и по своей площади стояло на четвёртом месте после Каспия, озера Верхнего и озера Виктории. Интенсивный забор воды из рек Амударьи и Сырдарьи на орошение за последние сорок лет вызвал усыхание этого озера. Уровень Аральского моря упал на 17...19 м. Минерализация воды увеличилась с 10 ‰ до 40 ‰. Если в 1961 году объём воды в Аральском море был равен 1064 км<sup>3</sup>, то в настоящее время от этого объёма осталось только 25 %. В конце 80-х годов Аральское море разделилось на две части: Малое море (на севере, на территории Казахстана) и Большое море (большая часть этого водоёма расположена на территории Узбекистана). Будучи ранее одним из самых рыбопродуктивных водоёмов СССР, к настоящему времени полностью утратило своё рыбохозяйственное значение, поскольку виды рыб, ранее обитавшие в нём, вымерли, не сумев приспособиться к жизни в условиях высокой солёности воды [3].

## Поверхностные водные ресурсы

Величина среднемноголетнего стока для рек бассейна Сырдарьи составляет **37203 млн м<sup>3</sup>/год**; для рек бассейна Амударьи - **79280 млн м<sup>3</sup>/год**. Следовательно, суммарные среднемноголетние ресурсы поверхностных (речных) вод в бассейне Аральского моря составляют **116483 млн м<sup>3</sup>/год**. Следует отметить, что данная оценка сопоставима с оценками среднемноголетнего стока рек, выполненными ранее институтом «Средазгипроводхлопок» в «Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Сырдарьи» в 1987 году (37,1 км<sup>3</sup>/год) и в «Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Амударьи» в 1984 году (79,4 км<sup>3</sup>/год).

В пределах Кыргызской республики формируется 25,1 % от общего стока бассейна Аральского моря, в Таджикистане – 52 %, в Узбекистане - 9,6 %, в Казахстане - 2,1 %, в Туркменистане - 1,2 %, в Афганистане и Иране – 10 %.

Таким образом, поверхностные воды основных рек и притоков являются трансграничными и используются двумя и более странами – Исфа-ра, Шахимардан, Сох, Аравансай, Келес и много других [3].

## Динамика использования водных ресурсов

Использование водных ресурсов в Центральной Азии, главным образом для питьевых нужд и орошения, началось более 6000 лет тому назад. Особенно интенсивно водные ресурсы стали использоваться после 1960 года, что было обусловлено быстрым ростом населения, интенсивным развитием промышленности и, главным образом, интенсивным развитием ирригации. В целом по региону орошаемое земледелие потребляет более 90% от суммарного водозабора.

За период времени с 1960 по 1990 годы суммарный водозабор в бассейне Арала увеличился с 60610 млн м<sup>3</sup> в 1960 году до 116271 млн м<sup>3</sup> в 1990 году. Таким образом, за указанный промежуток времени суммарный водозабор в регионе вырос в 1,8 раза. За этот же период население в бассейне Арала возросло в 2,7 раза, площади орошения увеличились в 1,7 раза, продукция сельского хозяйства – в 3 раза, валовой национальный продукт – почти в 6 раз [3].

После распада Советского Союза в 1991 году суммарное использование воды в регионе начало сокращаться, что было обусловлено общей экономической деградацией. После 1994 года, в результате согласованной политики водосбережения, принятой Межгосударственной Координаци-

онной Водохозяйственной Комиссией (МКВК) государств Центральной Азии, снижение величины общего водозабора стало целевой тенденцией. В 1999 году общий водозабор был на 15,4 км<sup>3</sup> меньше, чем в 1990 году и составил 100871 млн м<sup>3</sup>. На уменьшение водозаборов в бассейне Арала в значительной мере повлияло снижение объемов валовой продукции в большинстве стран региона, равно как и увеличение посевов зерновых культур, наряду с уменьшением посевов риса и хлопка.

Следует отметить, что тенденция снижения объёма водопотребления, имевшая место в течение первых 7...8 лет после развала СССР, осталась в прошлом, поскольку в последнее время опять наметилась тенденция к экономическому росту в большинстве стран Центральной Азии, и водопотребление в этих странах опять стало увеличиваться [3].

### **Эффективность использования водных ресурсов**

Несмотря на имеющее место снижение общих водозаборов во всех странах Центральной Азии, уровень использования водных ресурсов по сравнению с наиболее передовыми странами мира, находящимися в схожих климатических условиях, следует признать недостаточным. Для такой оценки сопоставим показатели удельного водопотребления в странах Центральной Азии и Израиле [3].

Удельный показатель водопотребления в государствах Центральной Азии значительно выше аналогичного показателя в Израиле (более чем в 6 раз!). Используя израильские данные этого показателя, можно будет узнать, насколько уменьшится суммарное водопотребление в бассейне Аральского моря, и какое количество водных ресурсов при этом можно будет сэкономить.

Многолетний средний ресурс поверхностных речных вод бассейна Арала равен 116,5 км<sup>3</sup>. Возьмём израильские данные удельных расходов воды на душу населения в год во всех отраслях экономики и удельных расходов воды в год на душу населения в коммунальном водоснабжении (345 м<sup>3</sup> и 56,6 м<sup>3</sup>). При сложении этих показателей получаем число 401,6 м<sup>3</sup>, являющееся удельным суммарным расходом воды на душу населения в год в Израиле. Затем перемножаем данное число на количество жителей бассейна Аральского моря (данные за 1999 г.) – 39,9 млн. чел.:

$$401,6 \text{ м}^3 \cdot 39,9 \text{ млн чел.} = 16023840000 \text{ м}^3 \approx 16 \text{ км}^3.$$

Получившееся число (16 км<sup>3</sup>) - результат суммарного водопотребления Аральского региона, которое могло бы иметь место, если бы водные ресурсы данного региона расходовались так же экономно, как и в Израиле.

Зная многолетний средний ресурс поверхностных речных вод бассейна Арала, можно легко посчитать, какое количество воды достанется Аралу:  $116 \text{ км}^3 - 16 \text{ км}^3 \approx 100 \text{ км}^3$ ! Цифра эта на первый взгляд фантастическая. Даже если взять во внимание тот факт, что в настоящее время в силу определённых климатических причин годовой поверхностный сток в Арал уменьшился до  $102 \dots 103 \text{ км}^3$ , тем не менее, ресурс высвободившихся речных вод для Аральского моря все равно был бы огромным (порядка  $87 \text{ км}^3$ ).

В 1960 году, т.е. еще до момента начала известной кампании Н.С. Хрущева по обеспечению хлопковой и рисовой независимости СССР, суммарный водозабор в бассейне Арала составлял  $60,6 \text{ км}^3$ . Следовательно, Аралу оставалось приблизительно  $55,4 \text{ км}^3$  речного стока, которого ему хватало для того, чтобы давать стране до 244,4 тысяч центнеров рыбы ежегодно [1], а также поддерживать свой уровень в стабильном состоянии, равно как и окрестные экосистемы. Таким образом, получившееся число наглядно показывает, что годовой приток воды в Аральское море может быть даже большим, чем в 1960 году!

Однако при всём этом очень важно отметить, что результат удельного расхода воды на душу населения в год во всех отраслях экономики зависит от многих причин. В частности, он зависит от величины доли промышленного производства и, в особенности, от величины доли трудоёмких высокотехнологичных отраслей промышленности. Чем выше в экономике государства доля промышленного сектора и чем ниже доля сельскохозяйственного сектора, тем объёмы водопотребления в народном хозяйстве ниже. Центральная Азия – регион аграрный. В сельском хозяйстве здесь занято большинство населения, поэтому на результат показателя удельного расхода воды здесь влияет не только крайне неэкономичные показатели водопотребления в ирригации, но и сама структура народного хозяйства. Если бы в странах Центральной Азии структура народного хозяйства была индустриально-аграрной, т.е. аналогичной израильской структуре народного хозяйства, плюс высокотехнологичная ирригация, тоже аналогичная израильской, то получившиеся результаты экономии воды в бассейне Аральского моря действительно могли бы иметь место, и море могло бы быть спасено! Вывод – государствам Центральной Азии нужно стремиться к изменению структуры народного хозяйства в пользу расширения промышленного сектора при увеличении доли наукоёмких производств. Кроме этого, необходимо уделять должное внимание подготовке соответствующих специалистов.

## Оптимизация использования водных ресурсов в орошаемом земледелии бассейна Арала

Большие резервы для экономии водных ресурсов имеются во всех отраслях водопользования. В коммунальном водоснабжении, например. Известно, что водопотребление в больших городах Центральной Азии колеблется от 450 до 850 л/сут. на человека, тогда как в Сингапуре, Гонконге, например, этот показатель составляет 200...260 л/сут. на человека [3]. Остановимся на использовании воды в основной водопотребляющей отрасли экономики – орошаемом земледелии.

Здесь опять следует упомянуть Израиль. Справедливости ради нужно отметить, что эта страна находится в не менее жёстких условиях дефицита пресной воды, нежели страны бассейна Аральского моря, а климат Израиля не менее засушлив, чем климат Средней Азии. Нет сомнения в том, что именно особенности аридного климата Ближнего Востока и связанный с этим дефицит пресной воды явились побудительным фактором для того уникального по своей экономичности водопользования, которое существует в Израиле. Как смогли добиться израильтяне подобных успехов, в чем их причина?

Причина кроется, прежде всего, в высокой культуре земледелия, отличающегося высокой технической оснащённостью и, как следствие, высокой интенсивностью. Повсеместно распространено капельное орошение, посредством которого возделываемые культуры получают влаги ровно столько, сколько им это необходимо. Оросительные нормы соблюдаются строго, причем орошается только слой почвы, непосредственно прилегающий к корню растения.

В республиках Средней Азии и Казахстане, напротив, орошаемое земледелие отличается практически полным отсутствием учёта поливных вод на внутрихозяйственном уровне и крайне нерациональной организацией поливов. Помимо того, что местные оросительные нормы агрикультур значительно выше оросительных норм в Израиле, их приходится завышать искусственно вследствие большой засоленности речных вод. Чем больше засоленность вод, тем чаще приходится почвы промывать, чтобы не допустить их засоления. С увеличением минерализации поливной воды свыше  $1 \text{ г/дм}^3$ , оросительная норма увеличивается пропорционально росту засоленности поливной воды. При минерализации  $1,1 \text{ г/дм}^3$  оросительная норма увеличивается на 10 %, при  $1,2 \text{ г/дм}^3$  – на 20 %, при  $1,3 \text{ г/дм}^3$  – на 30 % и т.д. Поэтому, в частности, в казахстанской части бассейна р. Сырдарья, при объ-

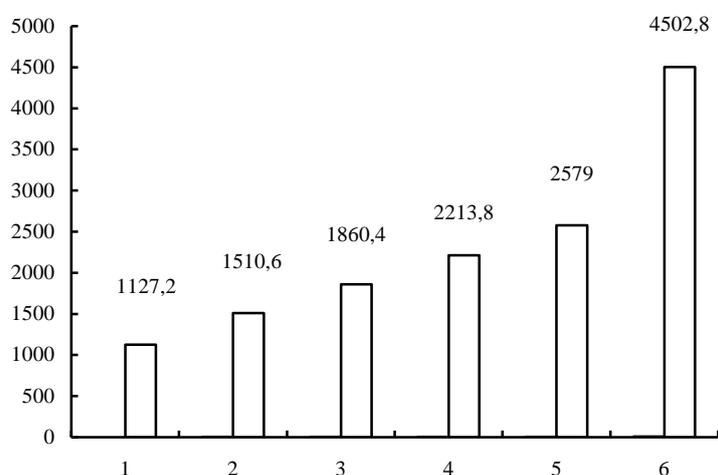
еме водопотребления поливных культур 4260,1 млн м<sup>3</sup>, водоподача на орошаемые участки составляет 8251,9 млн м<sup>3</sup> воды за оросительный сезон. Разницу 3991,8 млн м<sup>3</sup> воды составляют потери при проведении поливов и расход воды на создание промывного режима орошения, предотвращающего засоление в почвах [2]. В свою очередь, засоление вод является следствием грубого превышения оросительных норм. При превышении оросительных норм образуется некоторое количество остаточной воды (коллекторно-дренажные воды). Эти воды обладают значительной минерализацией, т.к. содержат в себе большое количество растворённых минеральных удобрений. Значительная часть коллекторно-дренажных вод неизбежно попадает в реки, повышая тем самым их минерализацию. Водопользователи, живущие ниже по течению реки, также вынуждены использовать речную воду, но уже в несколько больших количествах из-за опасности засоления почв. Поливая человек правильно, в соответствии с оросительными нормами - не было бы проблемы коллекторно-дренажных вод, которые, в свою очередь, не попадали бы в реки и, тем самым, не повышали бы уровень минерализации речных вод. Речные воды, попадая на поля, не подвергали бы их засолению, не нужно было бы устраивать промывной режим. В результате было бы сэкономлено значительное количество водных ресурсов.

Большое количество воды теряется в ирригационных системах. В подавляющем большинстве случаев ложа каналов не изолированы бетонным покрытием. В результате, почти 12 км<sup>3</sup> воды по всему бассейну Арала фильтруется в землю, а Аральское море в результате лишается 10 % своего годового притока. Следует отметить, что 40...50 % всех подаваемых на орошаемые поля объёмов воды в ЦАР просто теряется по причине грубой бесхозяйственности водопользователей [3].

Огромная часть водных ресурсов региона расходуется на возделывание таких монокультур, как хлопок и рис (см. рис.) [2]. Эти культуры (особенно рис) очень водоёмки и во многом именно им Аральское море обязано своими экологическими проблемами. Аральское море, по сути, было принесено в жертву хлопковой и рисовой независимости СССР.

Экологический ущерб только в узбекской части Приаралья равен 200 млн долл. США в год, (данные МКВК – Межгосударственной Координационной Водохозяйственной Комиссии) [3], поэтому рентабельность выращивания вышеупомянутых монокультур весьма спорна, особенно это касается риса, не выдерживающего конкуренции по качеству и цене с рисом из Юго-Восточной Азии. Рис, привезённый из Вьетнама или Таилан-

да, по цене одинаков с известным казахстанским сортом риса «Баракат», а по качеству – даже лучше. Нужен ли тогда такой рис, выращивание которого так дорого обходится природе и людям? Интересно, какова была бы цена этого риса и хлопка, если бы она учитывала все беды, выпавшие на долю жителей Приаралья? К сожалению, потерю здоровья очень сложно оценить деньгами.



*Рис. Затраты воды на одну тонну продукции. 1 - виноград; 2 - кукуруза на силос; 3 - люцерна и многолетние травы; 4 - томаты; 5 - хлопок; 6 - рис.*

Опыт уникального по своей экономичности водопользования Израиля, который мог бы с успехом перенять как Казахстан, так и другие государства Центральной Азии, не миф, а реальность. В этой связи решение глав государств Центральной Азии от 11 января 1994 г. [3], утвердившее «Межгосударственную концепцию», в которой была признана невозможность восстановления Арала, выглядит безосновательным, в том числе и потому, что для процесса оптимизации водопользования в бассейне Аральского моря не было сделано, ровным счётом, ничего.

В странах Центральной Азии особо остро стоит необходимость объединения двух видов государственных политик: сельскохозяйственной и экологической. Сельскохозяйственная политика, направленная на замещение водоёмких монокультур менее водоёмкими сельскохозяйственными культурами (садовые культуры, виноградники, кормовые травы и др.) в ЦАР будет являться одновременно и экологической политикой, поскольку в данном случае будет решаться первостепенная экологическая проблема

региона, связанная с обмелением Аральского моря. Также в данном регионе подходящие условия для развития некоторых видов животноводства и звероводства, в частности каракулеводства и ондатроводства (шкурки ондатры и каракулевых овец пользуются не меньшим спросом на мировом рынке, чем рис и хлопок; это высоколиквидный товар, спрос на который на мировом рынке есть всегда).

Нет сомнения в том, что предлагаемый альтернативный курс государственной политики в сельском хозяйстве весьма непросто и требует немалых финансовых вложений и займёт немало времени. Действительно, переориентировать монокультурное сельское хозяйство в поликультурное – задача весьма непростая, но, вполне решаемая. Во всяком случае, переход стран Центральной Азии к рыночной экономике, равно как и других республик бывшего СССР, был также сопряжён с колоссальными финансовыми потерями, которые, тем не менее, более или менее успешно преодолеваются. Очень важно, чтобы правительства всех стран ЦАР определили проблему охраны окружающей среды одним из самых приоритетных направлений во внутренней и внешней политике. Не менее важно, что решение проблемы Аральского моря возможно только при заинтересованности и интеграции всех стран Центральной Азии.

Даже если учесть, что все государства Центральной Азии когда-нибудь осознают необходимость консолидации усилий в деле спасения Аральского моря, внедрят самые современные системы капельного орошения и заменят рис и хлопок менее водоёмкими агрокультурами, то проблема, тем не менее, полностью решена не будет, если население региона будет возрастать существующими ныне темпами. Логично предположить, что без стабилизации роста населения, без проведения государственной политики по ограничению рождаемости все усилия по спасению Аральского моря будут носить лишь временный характер и, рано или поздно, неизбежно будут сведены к нулю. Подобный опыт имеется в некоторых странах мира, в частности, в Китае и Индии. Пожалуй, что этот вопрос, в силу своей деликатности, является одним из самых сложных в деле спасения Аральского моря, учитывая то, что высокая рождаемость – традиционна для местного населения. Тем не менее, вопрос этот надо решать, несмотря на все сложности. И чем раньше – тем лучше, поскольку необходимость снижения темпов естественного прироста в ЦАР, рано или поздно, всё равно возникнет, точнее сказать, уже возникла, ведь уже сейчас

реки, относящиеся к бассейну Аральского моря, практически полностью разбираются на орошение.

Итак, подводя итог всему вышесказанному, следует отметить следующие пути оптимизации использования водных ресурсов в орошаемом земледелии бассейна Аральского моря:

- жёсткое нормирование водопотребления на основе расчёта оросительных норм растений, направленных на удовлетворение их реальных потребностей;
- введение платы и штрафных санкций за факты сверхнормативного использования водных ресурсов в орошаемом земледелии;
- устройство противофильтрационных покрытий на ложах каналов;
- постепенное замещение различными видами экономически эффективных аграрных культур с низкими нормами водопотребления двух водоёмких монокультур бассейна Арала: хлопка и риса;
- постепенное изменение структуры народного хозяйства в пользу увеличения доли наукоёмких отраслей промышленности при уменьшении доли сельского хозяйства, в частности, орошаемого земледелия;
- постепенное замещение традиционной технологии орошения современными технологиями (в частности, капельное орошение) при непосредственном интегрированном законодательном, финансовом и информационном содействии государств ЦАР;
- разработка странами ЦАР на государственном уровне демографической программы, направленной на снижение уровня рождаемости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Монокрович Э.И. Об эколого-экономических последствиях усыхания Аральского моря и гидрометеорологических проблемах Приаралья // Мониторинг природной среды в бассейне Аральского моря / Сб. научных статей. – Москва: Гидрометеиздат, 1991. – С. 187-195.
2. Проблемы регулирования, управления и охраны водных ресурсов трансграничной р. Сырдарьи (к выработке позиции Республики Казахстан по проблемам рационального использования и управления водными ресурсами р. Сырдарьи). Отчёт. Казахстанский институт стратегических исследований при Президенте Республики Казахстан // Алматы, 1999. – С. 3-51.

3. Рациональное и эффективное использование водных ресурсов в Центральной Азии / ООН. Специальная экономическая программа Центральной Азии. Доклад // Ташкент-Бишкек, 2001. – С. 3-57.

Казахский национальный университет им. аль – Фараби.

### **ОРТАЛЫҚ АЗИЯ АЙМАҒЫНДАҒЫ СУ ПАЙДАЛАНУДЫ ҰТЫМДАН- ДЫРУ МӘСЕЛЕСІНЕ ОРАЙ**

И.Б. Кубанов

*Орталық Азия мемлекеттерінің суармалы егіншілігінде су ресурстарын үнемдеудің үлкен мүмкіндіктері бар. Әлемнің көптеген елдерінде, атап айтқанда, Израильде қолданылатын алдыңғы қатарлы ирригациялық технологиялар көмегімен су ресурстарының Арал теңізін бұрынғы қалыпқа келтіруге жетерлік санын үнемдеуге болады. Осыны дәлелдеуге тырысушылық жасалуда.*

УДК 666.711.567

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИПСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА  
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

А.Т. Джумагулов

Доктор техн. наук М.Б. Тлебаев

*Исследовались выбросы вредных веществ в атмосферу г. Тараза предприятиями гипсового производства, суммарный объем которых достигает 457 т/год.*

Гипсовое производство является одним из основных отраслей промышленности строительных материалов. Сырьем для производства гипса служит широко распространенный в природе гипсовый камень.

Производство гипса является источником загрязнения атмосферы пылью техногенного фона радиусом до 2 км в зоне деятельности людей. Особенность техногенного фона состоит в том, что мелкодисперсные соединения, наиболее опасными из которых являются частицы от 0,5 до 5 мкм, не рассеиваются и не оседают быстро, а пребывают в приземном слое атмосферы несколько суток, а в верхних слоях - до месяца и года. Именно их вдыхает человек.

Помимо стационарных источников выбросов на состояние окружающей среды оказывают залповые выбросы при производстве взрывных работ и добычи сырья природного гипсового камня открытым способом. Разработка крупных месторождений, карьеров гипсового камня приводит к уничтожению больших площадей почвы.

Ежегодно в результате производственной деятельности предприятий гипсовой отрасли Казахстана образуется около 50 тыс. га площади нарушенных земель, в том числе и пригодных для сельскохозяйственного назначения. Рекультивация нарушенных земель в пределах 3,6 тыс. га или около 50 % площади отчуждаемых земель, естественно, не обеспечивают своевременного их возвращения в сельскохозяйственный оборот. Использование отходов, образующихся при ремонте, реставрации и сносе строительных объектов позволит в какой-то мере снизить потребность сырья из гипсового камня. К тому же строительные отходы, вывозимые на свалки, растут нарастающими темпами, занимая громадные площади земель. Они же являются потенциальными источниками неорганизованных выбросов в

окружающую среду. Поэтому переработка отходов позволяет частично снять возникающую проблему. Освобождение значительных площадей земель, отводимых под отвалы, снижение объемов выбросов пыли стройплощадками и гипсовыми заводами в атмосферу улучшит состояние окружающей среды.

Особенностью строительного производства (объекта) при реконструкции является невозможность его переноса и размещения из черты города.

Гипсовое производство потребляет 500 млн м<sup>3</sup> воды, 60 % которой расходуется на производственные нужды. Система же оборотного снабжения работает неэффективно, возвращая лишь 50...60 % от потребляемой воды. Это связано с тем, что на предприятиях гипсовой промышленности оборудование и очистные сооружения в силу своей изношенности и неэффективной работы не обеспечивают очистку воды до нормативных показателей. Экологический фактор использованной воды гипсовых предприятий заключается в том, что в загрязненных стоках присутствуют взвешенные частицы, нефтепродукты, аммонийный азот, нитраты, фосфор, магний и железо. Сброс загрязненных стоков в окружающую среду даже после прохождения очистных сооружений сильно влияет на подземные грунтовые воды вокруг завода и, естественно, ухудшает экологическую обстановку. Доля потребления воды и сброса загрязненных стоков в поверхностные водоемы гипсового производства составляет 2...3 %. Рассмотрим оценку влияния гипсового производства на окружающую среду.

Строительный гипс Жамбылского гипсового завода изготавливается из природного гипсового камня ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) Улкен-Бурылтауского месторождения. Гипс применяют для штукатурных работ и для производства плит, блоков, панелей. Завод имеет три промплощадки. Ниже приведены основные характеристики производственных площадок.

#### *Площадка № 1 (гипсовый карьер)*

Гипсовый карьер расположен на юго-западной промплощадке АО «Нодфос» в 3,5 км от завода. На карьере Улкен-Бурылтауского месторождения в год добывается 850 тыс. тонн гипсового камня. Из этого количества 100000 т/год потребляется ЗАО «Жамбылгипс», остальное реализуется потребителям.

Производство включает:

- вскрышные работы
- бурение скважин
- закладка взрывчатых веществ
- взрывные работы
- добычные работы
- погрузка на автомашины

Вскрышные работы производятся с целью зачистки гипсового пласта от вмещающихся пород. После этого пробуривают скважины глубиной до 11,5 м, сеткой 5×5 м. В пробуренные стволы скважин закладываются взрывчатые вещества и взрываются. Взорванный гипсовый камень грузится в автотранспорт и отвозится в отведенный отвал промплощадки № 2.

На объекте №1 происходят кратковременные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, так как вышеописанные работы проводятся нерегулярно. В табл. 1 приведены расчеты выбросов с площадки № 1 (гипсовый карьер).

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ с площадки № 1 (гипсовый карьер)

Вид работы	Секундный выброс, г/с	Годовой выброс, т/год
взрывные работы	816,66	16,33
буровые работы	0,098	0,726
бульдозер Т-130	0,044	0,238
<b>ИТОГО:</b>	<b>816,802</b>	<b>17,294</b>

*Площадка № 2 (горный цех дробильно-сортировочной фабрики)*

Горный цех дробильно-сортировочной фабрики (ДСФ) расположен северо-западнее промплощадки АО «Нодфос» в 2 км от завода. В горном цехе ДСФ производится дробление гипсового камня в щековых дробилках СМ-116 и СМД-101 (производительность каждой дробилки составляет 120 т/час) до фракции 0...300 мм.

Производство включает следующие этапы:

- выгрузка пород из машины
- дробление гипсового камня
- складирование гипсового камня
- отгрузка сырья потребителям.

Дробленый гипсовый камень ленточным транспортером перемещается на склад сырья, откуда производится его погрузка в полувагоны вместимостью 60...70 тонн и отправляется потребителям. В табл. 2 приведены расчеты выбросов с площадки № 2 горного цеха ДСФ.

Таблица 2

Выбросы с площадки № 2 (горный цех ДСФ)

Наименование объекта	Секундный выброс, г/с	Годовой выброс, т/год
токарный станок	0,5	4,25
бульдозер Т-130	0,044	0,238
щековые дробилки	0,35	6,82
пластинчатый питатель	6,90	49,68
ИТОГО:	7,794	60,988

*Площадка № 3 (гипсовый завод)*

Гипсовый завод расположен в северо-западной промзоне г. Тараза. Ближайший к гипсовому заводу жилой массив расположен в северо-восточном и восточном направлении на расстоянии 400...500 м. На завод сырье завозится автотранспортом в количестве 100000 т/год. Сырье разгружается на бетонированную площадку площадью 300 м<sup>2</sup> высотой до 1,5 м. Площадка находится под навесом. Подача сырья на повторное дробление производится бульдозером ДТ-75 и скрепленной лебедкой Лс-17 (производительность 15 т/час) в пластинчатый питатель В-800 (производительность 75 м/час).

Дробление сырья осуществляется в щековой дробилке СМ-741 (производительность 10 т/час). Дробленое сырье после дробилки элеватором ЦГ-350 (производительность 25 м<sup>3</sup>/час) подается в бункер емкостью 25 м<sup>3</sup>, затем через тарельчатый питатель ДЛ-800 (производительность 20 т/час) попадает в шахтную через мельницу на помол, и затем в шаровую мельницу. Молотый гипсовый камень и пыль от мельницы по вертикальной шахте потоком горячего воздуха (горячий воздух поступает из камер горелок гипсовых котлов), создаваемого вентиляторами ЦП-4-70, ВЦП-6-45, через группу циклонов обратного конуса и накапливается в инерционно-вихревой пылесадительной камере емкостью 25 м<sup>3</sup>.

Избыточный газопылевой поток после осадительной камеры, где осаждается до 70 % пыли, направляется в систему очистки, состоящую из трех ступеней:

- I ступень – группа из трех циклонов типа ВЦНИИОТ, КПД – 75 %;
- II ступень – группа из четырех циклонов типа ВЗП, КПД – 75 %;
- III ступень – мокрой очистки, состоящую из барботажно-вихревого пылеуловителя, КПД – 95 %.

Выброс очищенного воздуха осуществляется через выхлопную трубу высотой 18 м.

Молотый гипс из осадительных камер загрузочным шнеком подается в дегидратационные котлы. Дегидратация (удаление воды из химических соединений) молотого гипсового щебня включает его термообработку в гипсоварочном котле (производительность – 164 т/час) при температуре 70...140 °С. Подогрев гипсоварочных котлов осуществляется природным бухарским газом, сжигание которого происходит в горелках гипсоварочного котла.

Для проведения ремонтных работ на заводе имеется небольшая механическая мастерская, которая включает в себя группу (токарный, сверлильный, фрезерный и заточный) металлорежущих, деревообрабатывающих станков и пост электросварки. Расчет выбросов по объектам гипсового завода приведен в табл. 3.

Таблица 3

Выбросы в атмосферу с площадки № 3 (гипсовый завод)

Наименование объекта	Секундный выброс, г/с	Годовой выброс, т/год
бульдозер ДТ-75	0,044	0,095
скрепленная лебедка	0,046	0,24
пластинчатый питатель	1,4	0,822
шахтная мельница	1,031	11,806
щековые дробилки	0,354	6,861
гипсовые котлы	41,12	303,2
циклон ЦН-11-800	0,377	5,76
мельница шаровая	0,0138	0,211
грохот	0,0038	0,059
сепаратор	2333,3	46,8
токарный станок	0,0084	0,046
сверлильный станок	0,0011	0,001016
фрезерный станок	0,00056	0,00051
заточный станок	0,037	0,0243
циркуляционный станок (круглопильный ДЦ-3)	2,10	1,93
фуговальный станок	1,145	1,056

(СФ-3)		
ИТОГО:	2381,0	379,0

Отвод пыли и газов CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> от гипсоварочных котлов, выделяющихся при сжигании природного газа, осуществляется через единую очистную систему. После окончания дегидратации молотое гипсовое полусырье выгружается в бункера томления, где томится 30...40 минут. После томления шнеком ЛГ-320 закрытого типа гипс подается в силоса готовой продукции. Из этих силосов избыточный воздух, запыленный микроскопическими частицами гипса, попадает в атмосферу через окна.

Из затарочного помещения запыленный воздух с микроскопическими частицами гипса после очистки в циклоне ЦН-15 выбрасывается в атмосферу через барботажно-вихревые пылеуловители. Готовый гипс складировается в трех силосах, из которых пневмопогрузчиком загружается в железнодорожные вагоны или автотранспорт.

В табл. 4 приведены все суммарные выбросы гипсового завода.

Таблица 4

Общие выбросы вредных веществ

Наименование	Секундный выброс, г/сек	Годовой выброс, т/год
площадка № 1 (гипсовый карьер)	816,802	17,294
площадка № 2 (горный цех ДСФ)	7,944	60,988
площадка № 3 (гипсовый завод)	2381,0	379,0
ИТОГО:	3205,746	457,282

Таким образом, выбросы вредных веществ гипсовым заводом составляют 457,2 т/год. Необходимо проведение работ по снижению антропогенной нагрузки гипсового завода на окружающую среду.

Центральная лаборатория сертификационных испытаний строительных материалов

**ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ГИПС ӨНДІРІСІНІҢ БАҒАЛАУ ӘСЕРІ**

А.Т. Джумагулов  
Техн. ғылымд. М.Б. Глебаев  
докторы

*Статьяда гипс өндірісте Тараз қаласындағы зиянды лақтырындалынғанның шығатын мөлшері талданған.*

УДК 504.621.039.9

**ОЦЕНКА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ТЕРРИТОРИЙ ПРИЛЕГАЮЩИХ К АЗГЫРСКОМУ ЯДЕРНОМУ И  
СЕМИПАЛАТИНСКОМУ ИСПЫТАТЕЛЬНУМУ ПОЛИГОНАМ**

Д.А. Рустембаева

*В статье рассматривается загрязнение радионуклидами территорий прилегающих к Азгырскому ядерному и Семипалатинскому испытательному полигонам с учетом климатических условий, дана эколого-экспертная оценка данных регионов после проведения ядерных испытаний.*

Казахстан – единственное место на земном шаре, где ядерно-стратегические программы осуществлялись в полном объеме: добыча и переработка стратегического сырья, изготовление и испытание ядерных боеголовок, испытание и уничтожение ракетных установок. Полигоны Казахстана по суммарной мощности ядерных взрывов занимают первое место в мире. Суммарная радиационная доза будет ещё 5730 лет служить дополнительным источником облучения многих поколений людей.

При всём разнообразии факторов, формирующих радиоэкологическую обстановку на территории республики, основным остается загрязнение окружающей среды вследствие испытаний ядерного оружия.

Целью данной статьи является выявление влияния основных загрязняющих веществ при ядерных испытаниях на загрязнение природной среды на полигоне «Азгыр» в Атырауской и на Семипалатинском испытательном полигоне в Семипалатинской (ныне Восточно-Казахстанской) области, дать эколого-экспертную оценку данных регионов после прекращения ядерных испытаний.

**Семипалатинский испытательный полигон.**

Семипалатинский испытательный ядерный полигон расположен на приграничной территории трех областей Республики Казахстан: Семипалатинской (Восточно-Казахстанской), Павлодарской и Карагандинской. Первоначальная площадь полигона составляла около 5200 км<sup>2</sup>. Позднее площадь была увеличена до 18500 км<sup>2</sup>. На этой территории расположены четыре испытательные площадки, где сосредоточены места проведения ядерных

экспериментов. На полигоне с 1947 года велись работы по подготовке к испытаниям, строились необходимые сооружения и жилой поселок [4].

Этот район Казахстана представляет собой безводную степь с редкими в настоящее время заброшенными и пересохшими колодцами. Юго-западная часть района низкогорье, на котором расположены горные массивы, расчлененные долинами и распадами. В восточной части района находится долина реки Чаган - левый приток реки Иртыш; в этой части встречаются пересыхающие летом соленые мелководные озера.

Климат района резко континентальный. Главные его особенности - это малоснежные холодные зимы и сравнительно короткие и жаркие лета. Зимой температура воздуха достигает минус 40 °С, летом - превышает +30 °С. Атмосферных осадков выпадает мало. Годовое количество осадков колеблется в пределах 200...300 мм, большая часть которых выпадает летом. Высота снежного покрова 100...200 мм обуславливает незначительное количество талых вод и глубокое промерзание почвы (до 1,5...2 м). Часто дуют сильные ветры. Зимой и осенью преобладают ветры юго-восточного направления со средней скоростью 4-5 м/с, летом преобладают ветры северного направления, бывают пыльные бури. Для района характерны частые перемены направления и скорости ветра, даже в течение одного дня.

Главной рекой района является р. Иртыш - крупнейший приток Оби, одна из важнейших, судоходных рек Казахстана. Второй по величине рекой района является р. Чаган - левый приток Иртыша. Река маловодная, в наиболее засушливые годы пересыхает в конце лета, ее ширина достигает 10 м на плесах, глубина до 2 м, вода в реке соленая. Все остальные небольшие реки - маловодны и летом практически пересыхают полностью.

В экономическом отношении район развит довольно слабо. Населенные пункты небольшие, сельского типа, расположены главным образом по долинам рек Иртыш и Чаган. На остальной территории разбросаны временные летники и зимники.

Площадка, которой предстояло стать испытательным комплексом полигона, представляла собой равнину диаметром примерно 20 км, окруженную с трех сторон - южной, западной и северной - невысокими горами. На востоке этой своеобразной долины находились небольшие холмы.

Когда-то, в глубине веков, эта равнина была дном моря. К концу 40-х годов рядом с Опытным полем осталось усыхавшее озеро с очень соленой водой. Степь традиционно использовалась местными жителями, преимущественно казахами-кочевниками, для выпаса скота. На этой рав-

нине в 1947 году разоренная войной страна начала строительство испытательного ядерного полигона [5].

Исследование послойного загрязнения почвы в Семипалатинской области показало, что на целинных участках земли спустя несколько лет после осуществления взрывов наиболее загрязненным оказался поверхностный слой почвы глубиной до 1 см. Он содержал в 5...10 раз больше активности, чем слой почвы на глубине от 3 до 4 см. Загрязнение вспаханных участков местности происходило на глубину пахоты, т.е. до 16...20 см. После 1958 года, по мере внедрения методов радиохимии и появления спектрометрической аппаратуры, стали проводиться исследования по определению содержания в различных объектах внешней среды биологически опасных радионуклидов: стронция-90, цезия-137 и йода-131. В поверхностном слое почвы на следе от взрыва 1956 года стронция-90 содержалось примерно 8% от величины общей активности. Наличие радиоактивных веществ в почве приводило к проникновению их в наземную растительность [2].

Проведенные радиометрические исследования показали также, что содержание радиоактивных веществ в наземной части растений и в корневой системе было примерно одинаковым. В растениях, имеющих важное значение для сельскохозяйственного производства, был обнаружен стронций-90, находившийся в подвижной (водорастворимой) форме. Переход радионуклидов в растворимое состояние зависел от физических свойств радиоактивных частиц, основная часть которых после наземного ядерного взрыва находилась в оплавленном состоянии.

Наиболее значимые уровни радиоактивного загрязнения водных растений были отмечены только в водоемах с высокой степенью загрязнения донных отложений, о чем свидетельствуют результаты анализа проб, отобранных из старицы р. Иртыш вблизи села Коробейниково -  $6,4 \cdot 10^{-6}$  Ки/кг (1 Ки =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк) и из ручья у Октябрьского поселка г. Усть-Каменогорска -  $5,6 \cdot 10^{-7}$  Ки/кг [5]. Анализ степени загрязнения донных отложений и рыб, пробы которых были взяты в разных частях реки Иртыш, показал, что по мере удаления от района г. Усть-Каменогорска уровни загрязнения уменьшались. Так, в районе жилого городка полигона (пункт «М») активность ила на дне реки Иртыш составляла от  $1 \cdot 10^{-8}$  Ки/кг до  $4,5 \cdot 10^{-8}$  Ки/кг, а в районе села Ермак Павлодарской области –  $6,4 \cdot 10^{-9}$  Ки/кг.[5]

Приведенные выше данные о радиоактивном загрязнении окружающих полигон территорий, дают основание предположить, что концентрация радиоактивных веществ в воде непосредственно после формирования следов

была несколько выше. Однако возможность более или менее длительного употребления населением воды с высоким содержанием радиоактивных веществ практически маловероятна. Что же касается рыбы, вылавливаемой в этих водоемах, то уровни ее загрязнения были достаточно малы, поэтому использование ее в пищу не вызывало опасений. Некоторое превышение активности костей над активностью мышечной ткани вылавливаемой в водоемах рыбы позволяло предполагать об отложении в костях остеотропных радионуклидов, в частности, стронция – 89 и стронция – 90 [5].

#### **Азгырский ядерный полигон.**

Азгырский ядерный полигон (АЯП) находится на территории Атырауской области, в северо-западной ее части в 30 км от границы с Россией. Географической особенностью района является относительная близость Волги и Каспийского моря, крупных промышленных центров: Волгоград (~ 350 км) и Астрахань (~ 250 км), наличие железной дороги Москва – Астрахань. Все это сочетается с малой населенностью района, расположенного в полупустынной зоне на окраине Нарын-песков [1].

Восточный купол, на котором находились основные промплощадки, удален от населенных пунктов на следующие расстояния: Азгыр-16...25 км, Балкудук - 40...45 км, Асан - 25...30 км, Новый Уштоган – 60 км. Объект «Галит» на правах аренды занимал незначительную часть территории совхоза «Балкудукский» Курмангазинского (бывш. Денгизского) района Атырауской области.

Территория АЯП относится к подзоне северной пустыни с резко континентальным климатом. Абсолютные максимальные температуры формируются под преобладающим влиянием туранских и иранских воздушных масс. В холодный период года здесь господствуют массы воздуха, поступающие из западного отрога сибирского антициклона [4].

Колебания экстремальных температур воздуха от +42...+44 °С – летом, до –38...–40 °С – зимой. Для региона характерна сухость климата. Относительная влажность летом не превышает 47 %, зимой составляет 80...84 %. Годовое количество атмосферных осадков колеблется от 150 до 200 мм, а испаряемость за год составляет 900...1000 мм. Сочетание высоких летних температур и низкой относительной влажности приводит к большой повторяемости засух. Отличительные черты климата благоприятствуют радиационному загрязнению региона [5].

Растительность, собранная вблизи Азгырского полигона, содержит радиоцезия до 6500 Бк/кг. Это свидетельствует о миграции радионуклидов

из почвы в растения, что может иметь тяжелые последствия в формировании общей обстановки в указанном регионе. Содержание радиоактивных изотопов цезия (цезий-134 и 137) было измерено в 30 растениях и животных. В ряде случаев происходит накопление радиоцезия в растениях (до 500 Бк/кг) и в животных (ящурка – до 300 Бк/кг).

Формирование в почвах корки, иллювиального солонцового и солевого горизонтов, обогащенных глиной, способствует аккумуляции радионуклидов. Исследования показывают, что поглощение почвой нуклидов находится в прямой связи с содержанием гумуса, поглощенных оснований, рН среды, полуторных окислов, состава почвенных минералов. Радионуклиды выполняют в почве роль обменных оснований. Большое значение имеют также химические свойства радионуклидов и степень их растворимости в почвенном растворе[3].

Проведенные в 1992 году Санкт-Петербургским университетом исследования на Азгырском полигоне выявили повышенное количество в почвах и растениях стронция, кобальта, свинца, никеля, магния, молибдена, марганца, серебра, содержание которых превышает порог токсичности для человека и животных.

В условиях сухого пустынного климата Азгырского региона радионуклиды становятся малоподвижными, слабо вымываются из почвенного профиля, постоянно накапливаются в гумусовом и иллювиальном горизонтах. Закреплению радионуклидов способствует также щелочная реакция почвенного раствора и невысокая общая карбонатность почв. Таким образом они становятся существенным источником поступления радиоактивных элементов в растения и через них в пищевые цепи животных и человека, обуславливая их длительное накопление в экосистеме.

Для выявления качества эксплуатируемых местным населением подземных вод в сентябре 1991 и 1994 гг. совместно с учеными Санкт-Петербургского университета проведено гидрохимическое опробование колодцев и скважин, расположенных в районе поселков Балкудук и Азгыр. По отобраным пробам проведен общий химический анализ, определен ряд микроэлементов [2]. Результаты анализа позволяют сделать выводы о том, что в большинстве колодцев вода не соответствует требованиям ГОСТа 2874-82 «Вода питьевая». Предельно допустимые концентрации превышаются целым рядом компонентов, таких как хлор, сульфаты, нитраты, бром, талий. Повышена общая минерализация воды [2].

Как следствие испытаний проводившихся на территории этих двух

полигонов, в настоящее время наблюдается загрязнение всех природных компонентов географической среды, таких как почвенный, растительный покров, животный мир, подземные и поверхностные воды, деформирована литологическая основа, что отражается на жителях близ лежащих районов. Так же стоит учесть, что природная среда данных регионов не устойчива к радиационному загрязнению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полигон «Азғыр» / Адымов Ж.И., Ахметов Е.З., Ермагоев А.С. и др. – Алматы. –1996. – 25 с.
2. Тлеубергенов С.Т. Полигоны Казахстана. – Алматы: Ғылым. -1997. – 745 с.
3. Фаизов К.И., Асанбаев И.К. К вопросу о радиационном загрязнении почв (на примере Азғырского ядерного полигона) // Гидрометеорология и экология. –1997. -№ 4.-С. 131-136
4. Ядерные испытания СССР /под редакцией Михайлова В.Н./ – М.: - ИздАТ. -1997. – 304 с.
5. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский испытательный полигон.– М.: - ИздАТ, 1997. – 281 с.

Казахский государственный национальный университет им. аль-Фараби

#### **АЗҒЫР ЖӘНЕ СЕМЕЙ ЯДРОЛЫҚ СЫНАҚ ПОЛИГОНДАРЫНА ЖАҚЫН ОРНАЛАСҚАН АЙМАҚТАРДЫҢ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЛАСТАНУЫН БАҒАЛАУ**

Д.А. Рустембаева

*Бұл мақалада Азғыр және Семей ядролық полигондарына шектесетін жерледің радионуклидтық ластануы қарастырылады, және сол аймақтың ядролық сынаққа сәйкес келетініне экологиялық баға берілді.*

УДК 502.7+54.058

**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВОДООЧИСТНОГО ЦИКЛА НА ОСНОВЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ**

Т.А. Тимофеева

И.Ю. Переладов

Канд. хим. наук

И.Э. Сулейменов

*В работе проанализированы количественные характеристики очистного цикла воды, основанного на использовании полиэлектролитных гидрогелей. Предложена методика расчета параметров очистной технологии. Обсуждаются особенности ее применения в случае возникновения масштабных экологических бедствий и других чрезвычайных ситуаций.*

Целый ряд событий последнего десятилетия свидетельствует о реальности возникновения масштабных экологических бедствий, связанных с производственными авариями [3, 6]. Более того, общество постепенно осознает, что свести вероятность техногенной катастрофы к нулю вряд ли удастся и нужно ставить вопрос о технологиях управления рисками. Так, в работе чл.- корр РАН С.П. Курдюмова [4] говорится: "Управление рисками - одна из важнейших технологий нашей цивилизации. Она соответствует магистральному пути прогресса - менять одни угрозы и опасности на другие. Например, опасность голодать и мерзнуть - на риск пожинать плоды заражения воды, земли, воздуха, связанные с работой тепловых или атомных станций". Принимая во внимание также неубывающую вероятность террористических актов и диверсий, связанных с использованием высокотоксичных и радиоактивных веществ и микробиологических препаратов, представляется целесообразным ставить вопрос о разработке и последующей комплектации подразделений МЧС оборудованием, предназначенным для получения больших объемов пригодной для употребления воды из зараженных источников.

Основные прогнозируемые особенности последствий крупномасштабных аварий или террористических проявлений в случае, когда оказываются затронутыми значительные водные ресурсы, вытекают из предположения о низкой концентраций примесей в воде при их высокой токсичности. Точнее, наибольшую опасность представляет именно распределе-

ние высокотоксичной компоненты по крупным участкам гидрографической сети. В этом случае придется решать задачу о снабжении водой для хозяйственно-бытовых нужд значительного числа людей в течение сравнительно больших промежутков времени.

Принципиальное решение проблемы очистки воды от высокотоксичных примесей при низких и сверхнизких концентрациях, было дано в [10, 2]. Возможность глубокой очистки воды по способу [10, 2] определяется особенностями поведения полиэлектrolитных гидрогелей в водных растворах. Имеет место эффект перераспределения концентраций [1], заключающийся в том, что при набухании геля в растворе концентрация примеси внутри образца оказывается намного меньше, чем снаружи. Говоря об области низких концентраций можно утверждать, что гидрогель поглощает чистую воду, а примеси остаются в окружающем растворе. Отделяя очищенную воду от гидрогеля с помощью электрического тока, можно замкнуть цикл, реализовав тем самым технологию очистки. Дальнейшее внедрение очистной технологии на основе полиэлектrolитных гидрогелей требует разработки методики инженерного расчета параметров цикла, что и составляет предмет настоящей работы.

Построение методики будет проведено на примере, связанном с очисткой воды от примесей низкомолекулярной соли. Это один из наиболее сложных случаев, поскольку поступление низкомолекулярной соли вовнутрь гидрогеля также может иметь место (в отличие от, например, механических примесей или биологических загрязнителей). Методика расчета включает в себя определение показателей производительности отдельного цикла и расчет затрат времени и электроэнергии на его выполнение.

Количество воды, получаемое при выполнении одного цикла, определяется, прежде всего, концентрацией соли в обрабатываемом растворе. Как было показано ранее [1], рассматриваемая физико-химическая система обладает повышенной устойчивостью по отношению к изменению зарядовых чисел ионов. Поэтому расчет можно проводить исходя из среднего солесодержания электролита в системе, проводя его так, как если бы в обрабатываемой воде присутствовала только 1:1 соль.

Основным параметром, определяющим обогащение окружающего гидрогель раствора по примеси, является Доннановский множитель  $\alpha$  [1], формулу для расчета которого удобно преобразовать к виду:

$$\alpha = \frac{N_0}{2C_0} \left( (w-1) + \sqrt{(1-w)^2 + 4 \frac{C_0}{N_0} \left( \frac{C_0}{N_0} + w \right)} \right), \quad (1)$$

где  $N_0$  - плотность сеточного заряда гидрогеля,  $C_0$  - исходная концентрация соли,  $w$  - объемная доля, занимаемая гидрогелем в системе.

Зная величину множителя  $\alpha$  [1], можно отыскать значение концентрации низкомолекулярной соли внутри гидрогеля  $C$  по известной концентрации обрабатываемого раствора  $C_0$ .

$$C = \frac{C_0}{w + \alpha(1-w)}. \quad (2)$$

Управляющими параметрами этой зависимости являются доля объема, занятая гидрогелем  $w$ , и плотность сеточного заряда в момент завершения первой стадии цикла  $N_0$ . Вода, обладающая концентрацией примеси, даваемой формулой (2) будет вытеснена из гидрогеля на второй стадии.

Выбирая параметры для методики очистки, можно варьировать степень набухания гидрогеля, которую она достигает в конце первой стадии. Поэтому, выбирая параметры для методики в целом, объем, занимаемый гидрогелем в системе, и плотность сеточного заряда можно рассматривать как независимые. Семейство зависимостей концентрации соли внутри гидрогеля от исходной концентрации раствора при различных плотностях сеточного заряда представлено на рис. 1. Для наглядности на рис. 2. представлено аналогичное семейство для Доннановского множителя  $\alpha$ .

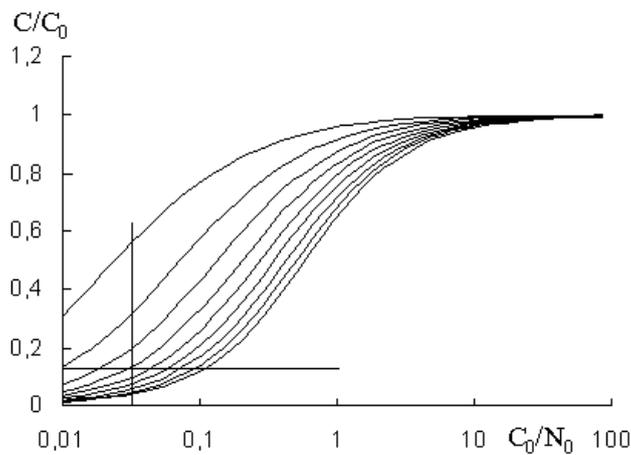


Рис. 1. Зависимость концентрации соли от плотности сеточного заряда гидрогеля.

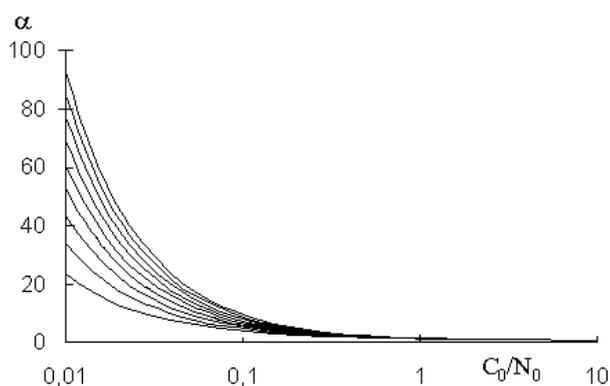


Рис. 2. Зависимость Доннановского множителя  $\alpha$  от отношения  $C_0 / N_0$ .

Из графиков, представленных на рис. 1 и 2 видно, что снижение концентрации внутри гидрогеля на два порядка происходит, когда концентрация функциональных групп внутри гидрогеля на два порядка превосходит концентрацию исходного раствора.

Точнее, на первом шаге расчета требуется выбрать допустимое значение показателя  $C / C_0$ . Например, если известно, что концентрация соли в растворе в 10 раз превышает ПДК, то вполне достаточно использовать  $C / C_0 = 15 \dots 20$ .

По этому показателю и кривым рис. 1 можно определить примерное значение  $N_0$ , характеризующее гидрогель. Детальный расчет этого показателя не целесообразен, поскольку промышленностью выпускаются гидрогели с фиксированным набором значений  $N_0$ , соответствующих различным маркам гидрогелей. Кроме того, при сравнительно небольших изменениях концентраций исходного раствора не целесообразно переходить от одной марки гидрогеля к другой. Следовательно, по отношению  $C / C_0$  определить можно именно объем, который гидрогель будет занимать в конце первой стадии цикла.

Параметр  $w$  проще всего отыскать графически. Проведем вдоль оси абсцисс прямую, соответствующую выбранному значению  $C / C_0$ , а вдоль оси ординат - прямую, соответствующую отношению  $C_0 / N_0$ . Точка пересечения этих прямых должна лежать на кривой, отвечающей такому параметру  $w$ , при котором обеспечивается требуемая глубина очистки. Иными словами,

рис. 1 фактически представляет собой номограмму для оценки параметра  $w$ , обеспечивающего достижение выбранного значения  $C/C_0$ .

На рис.1 и 2 видно, что по мере приближения  $w$  к единице, степень очистки снижается (Доннановский множитель уменьшается). С физико-химической точки зрения это вполне понятно: если гидрогель занимает практически весь объем системы, то поддержание больших значений  $\alpha$  означало бы очень высокую степень концентрирования раствора над гелем. В тоже время, при этих условиях согласно [1] происходит резкое уменьшение сил, растягивающих полимерную сетку. Поэтому Доннановский множитель не может иметь больших значений, когда гидрогель занимает почти весь объем системы.

Таким образом, на первом этапе определяется максимальный объем, который может занимать гидрогель в конце первой стадии. Зная равновесную степень набухания (которая для данной марки гидрогеля фиксирована), можно вычислить количество гидрогеля, загружаемого в рабочий объем по формуле:

$$m_g = \frac{\rho V(1-w)}{Q}. \quad (3)$$

Зная объем, который гидрогель занимает в начале первой стадии, теперь легко определить количество очищенной воды:

$$V_{\text{воды}} = V(1-w) - V_2, \quad (4)$$

где  $V_2$  - объем, занимаемый гидрогелем в конце второй стадии. Для определения этой величины уже необходимо установить кинетические параметры (время набухания и время коллапса).

При интенсивном перемешивании кинетика набухания гидрогеля полностью определяется только свойствами самой сетки. Поэтому при расчетах длительности первой стадии можно воспользоваться работой [9], в которой теоретически и экспериментально было изучено набухание гидрогеля в чистой воде. В ней было показано, что набухание гидрогеля из сухого состояния протекает в два этапа. Первый этап характеризуется сосуществованием двух (слабо и сильно набухшей) фаз. На этом этапе степень набухания зависит от времени как корень квадратный, а коэффициент пропорциональности определяется коэффициентом диффузии, который имеет тот же порядок, что и для ионов щелочных металлов.

В работе [5] было показано, что результаты [9] обобщаются на случай солевых растворов. Самым важным для целей настоящей работы явля-

ется тот факт, что переход от одного механизма набухания к другому, происходит при значении  $Q \approx 0,8Q_0$ . Этот показатель является практически постоянным и не зависит от внешних условий и характеристик гидрогеля.

Следовательно, выбор длительности первой стадии определяется фундаментальными физико-химическими закономерностями и может быть осуществлен исходя их условия:

$$Q(t_1) \approx 0,8Q_0, \quad (5)$$

где  $t_1$  - время завершения первой стадии.

Другими словами, в конце второй стадии степень набухания гидрогеля должна достичь 0,8 от максимального значения. Для определения времени завершения первой стадии справедлива формула:

$$t_1 \approx Dl^2 \frac{Q}{Q_0}, \quad (6)$$

где  $D$  - эффективный коэффициент диффузии,  $l$  - характерный размер частиц дисперсии гидрогеля.

Выбор длительности второй стадии более прост, поскольку коллапс гидрогеля описывается аналогом закона Фарадея [7, 8]. Существование двух этапов коллапса (линейная и экспоненциальная формы закона Фарадея [8]) определяет при этом объем, который гидрогель должен занимать в конце второй стадии. Действительно, пока продолжается линейная стадия коллапса, расход электроэнергии на единицу объема получаемой воды остается постоянным. Увеличение расхода энергии связано с переходом к нелинейному процессу. Поэтому в расчет вполне можно заложить показатель, отвечающий моменту завершения линейной стадии. Эта величина [8] также определяется не конкретным типом используемого полиэлектролитного гидрогеля, а фундаментальными физико-химическими особенностями поведения сеток. Как показано в [8] значение степени набухания, при котором имеет место переход к нелинейной стадии, не превышает 15% от равновесного значения этой величины. Следовательно, длительность второй стадии можно определить с помощью формулы:

$$t_2 \approx \frac{(0,8 - 0,15)Q_0}{kJ}, \quad (7)$$

где  $k$  - коэффициент, определяемый аналогом закона Фарадея [8].

Таким образом, комплекс исследований, ранее выполненных в работах [4, 5, 7, 9] позволяет предложить замкнутую методику расчета параметров очистного цикла на основе использования полиэлектролитных гидрогелей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бектуров Е.А., Сулейменов И.Э. Полимерные гидрогели. Алматы. 1998. 240 с.
2. Будтова Т.В., Сулейменов И.Э., Френкель С.Я., Сулейменов Э.Н. Использование сильно набухающих полиэлектролитных гидрогелей для повышения извлечения металлов // Комплексное использование минерального сырья. - 1992. - №2(164) С.48-51.
3. Катастрофы и человек. Российский опыт противодействия чрезвычайным ситуациям / Под. Ред. Ю.Л. Воробьева. М. АСЕ-ЛТД, 1997. 295 с.
4. Малинецкий Г.Г., Курдюмов С.П. Нелинейная динамика и проблемы прогноза // Вестник РАН, 2001, Т. 71, № 3, с. 210-232.
5. Сулейменов И.Э., Будтова Т.В., Переладов И.Ю., Бектуров Е.А. Общие закономерности набухания полимерных гидрогелей в растворах низкомолекулярных соединений // Проблемы эволюции открытых систем, вып. 5, Алматы. 2003, С.86-93.
6. Шойгу С.К. // Экология и жизнь. 2000. №3. С. 6-8.
7. Budtova T.V., Suleimenov I.E., Frenkel S.Ya. Electrokinetics of the contraction a polyelectrolyte hydrogel under constant electric field.// Polymer Gels and Networks, 1995. 3, 387-393.
8. Ibragim Suleimenov, Igor Pereladov and Esen Bekturov Theoretical description of polyelectrolyte hydrogel collapse in electric field // Euroasian Chem. Tech. J., 2002, №4. P.243-247.
9. Suleimenov I. E., Budtova T. V., Bekturov E. A. The kinetics of swelling of highly swollen hydrogels under the coexistence of two phases //Polymer Science, 2002, V. 44, P.1010 – 1017
10. T. Budtova, I. Suleimenov Physical principles of using polyelectrolyte hydrogels for purifying and enrichment technologies // J. Appl. Polym. Sci., 57, 1653 (1995).

Казахский государственный национальный университет им. аль-Фараби  
Алматинское высшее военное училище МО РК

### **ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТТІК ГИДРОГЕЛЬДЕРДІ ҚОЛДАНУ НЕГІЗІНДЕ СУДЫ ТАЗАРТУ АЙНАЛЫМЫНЫҢ ӨЛШЕМДЕРІН ЕСЕПТЕУ**

Т.А. Тимофеева  
И.Ю. Переладов  
Химия. ғылымд. канд. И.Э. Сулейменов

*Жұмыста, полиэлектролитті гидрогель қолдануына негізделген, суды тазалау циклінің сандық мінездемесіне талдау жасалыңған. Тазалау технологиясының есептеу параметрлері әдістемесі ұсынылған. Ірі экологиялық апаттар мен қауіпті жағдайларда оның қолдану негіздері көрсетілген.*

УДК 502.056.+666.7

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Е.Т. Темиркулов

Канд. техн. наук

Г.З. Шаяхметов

*На примере производства глиняного кирпича рассмотрены физико-химические факторы антропогенного воздействия керамической промышленности. Все технологические передельные процессы производства керамического материала сопровождается выбросами пыли и вредных газообразных веществ в атмосферу.*

Атмосфера всегда содержит определенное количество примесей, поступающих от естественных и антропогенных источников. К примесям, образованным естественными источниками, относятся: дым и газы от лесных и степных пожаров и вулканического происхождения, а так же пыль растительного, вулканического и космического происхождения; возникающая при эрозии почвы. К примесям антропогенного характера относятся выбросы промышленных предприятий, автотранспорта и теплоэнергетики. Это твердые частицы сажи, асбеста, свинца, смога (взвешенные жидкие капельки углеводорода и оксида азота) и газы (оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы). В результате производственной деятельности промышленных предприятий Казахстана, ежегодно в атмосферу поступают вредные вещества в количестве, млн т: 1995 г. – 3,1; 1997 г. – 2,37; 1998 г. – 2,33 [7]. К самым многочисленным токсичным веществам, загрязняющим атмосферу, относятся: оксид углерода (СО), диоксид серы (SO<sub>2</sub>), оксиды азота (NO<sub>x</sub>), углеводороды (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>) и твердые вещества (пыль).

Потребляя большое количество минерального сырья, и имея в своей технологии такие процессы, как сушка и обжиг, керамическая промышленность стеновых материалов становится невольным источником выбросов пыли и газа в атмосферу. Рассмотрим факторы и уровни загрязнения атмосферного воздуха, пылью, образующейся в результате её деятельности. Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей микрометра. Обычно в атмосферу поступает пыль с размером частиц менее 10 мкм.

Пыль является одним из широко распространенных неблагоприятных факторов, оказывающих отрицательное воздействие на состояние здоровья человека. Находясь в атмосфере непродолжительное время в виде аэрозолей, пыль оседает на землю и поверхность водоемов, выступая при этом в роли источника накопления вредных веществ в биосфере и гидросфере до и выше предельных концентраций.

Суммарный объем пылевыведений по одному предприятию керамической промышленности определяется формулой:

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (1)$$

где  $\sum Q$  – суммарный объем пылевыведений,  $Q_1$  – количество пыли, образуемой при хранении сырья,  $Q_2$  – количество пыли, образуемой при транспортировке сырья,  $Q_3$  – количество пыли, образуемой при помоле хранения и пересыпке угля,  $Q_4$  – количество пыли, образуемой при таких процессах как сушка и обжиг,  $Q_5$  – количество пыли, образуемой при выветривании золоотвалов.

Каждое из слагаемых формулы (1) рассчитывается и рассматривается далее как отдельная система. Доставляемое сырье (суглинок, глина, уголь) отгружается в бункер для приема сырья. В зависимости от сезона сырье на завод поступает с влажностью 10...20%. В теплое время года вследствие интенсивной влагоотдачи верхние слои становятся источниками пылеобразования. Усиливает фактор пылеобразования месторасположение бункера. Для удобного подъезда автотранспорта, бункера устанавливают на открытых площадках, что делает их доступными для ветра.

Точный объем пылевыбросов на стадии приема сырья узнать практически невозможно вследствие непрерывности этого процесса. Доставляемое сырье направляется на технологический передел, а его место занимает новая партия.

Примерное количество образовавшейся пыли можно рассчитать, используя методику, разработанную НПО «Союзстройэкология» [2]. По этой методике пылеобразование характеризуется как сдувы пыли при статистическом хранении материала и определяется следующим уравнением.

$$Q_1 = R_3 \cdot R_4 \cdot R_5 \cdot R_6 \cdot R_7 \cdot d^l \cdot F, \quad (2)$$

где  $R_3$  – коэффициент, учитывающий местные метеословия (для Алматы  $R_3 = 1$  [4]),  $R_4$  – коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий, условия пылеобразования;  $R_5$  – коэффициент, учитывающий влажность материала и принимаемый в

соответствии с табличными данными,  $R_6$  – коэффициент, учитывающий профиль поверхности складированного материала. Значение  $R_6$  колеблется в пределах 1,3...1,6 в зависимости от крупности материала и степени заполнения,  $R_7$  – коэффициент, учитывающий крупность материала,  $d^l$  – унос пыли с одного квадратного метра фактической поверхности в условиях, когда  $R_3 = 1$ ;  $R_5 = 1$ ,  $F$  – поверхность пыления в плане,  $m^2$ .

Поверхность пыления  $F$  рассчитывается как отношение объема материала  $V_k$  к высоте насыпи  $h$ :

$$F = \frac{V}{h} . \quad (3)$$

В нашем случае величина  $F$  известна, она составляет  $20 m^2$ . Номинальные величины коэффициентов:  $R_3...R_7$ ,  $d^l$ ,  $F$ , которые соответствуют условиям Алматинского комбината строительных материалов (АКСМ), представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сводная таблица расчетных параметров

Параметр	Единица измерения	Значение параметра
$R_3$ при среднегодовой скорости ветра 1,3 м/с	м/с	1
$R_4$ ,	-	0,5
$R_5$ ,	%	0,1
$R_6$	-	1,6
$R_7$	мм	/
$d^l$	-	0,004
$F$	$m^2$	20

В соответствии с формулой (2) и данными табл.1 находим количество сдуваемой пыли.

$$Q_l = 0,0064 \text{ г/с} .$$

Годовое количество выбросов только с бункера для приема сырья составляет 202 кг.

Помимо пыления бункера, рассеивание мелких частиц суглинка происходит в результате погрузочно-разгрузочных работ, транспортировки, пыления из-под колес автотранспорта. Объем пылевыбросов при автотранспортных работах можно рассчитать с помощью методики [2]. Общее количество пыли, выделяемое при работе автотранспорта, по этой методике, определяется следующим уравнением:

$$Q_2 = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_6 \cdot N \cdot L \cdot C_7 \cdot q^1}{3600} + C_4 \cdot C_5 \cdot C_6 \cdot d^1_2 \cdot F_o \cdot n_1, \quad (4)$$

где  $C_1$  – коэффициент, учитывающий среднюю грузоподъемность единицы автотранспорта и принимаемый в соответствии с табличными данными. Средняя грузоподъемность определяется как частное от деления суммарной грузоподъемности всех действующих машин на их число  $n$  и при условии, что максимальная и минимальная грузоподъемность отличается не более, чем в 2 раза,  $C_2$  – коэффициент, учитывающий среднюю скорость передвижения транспорта и принимаемый в соответствии с табличными данными. Средняя скорость транспортирования определяется по формуле:

$$V_{cp} = \frac{N \cdot L}{n},$$

$C_3$  – коэффициент, учитывающий состояние дорог и принимаемый в соответствии с табличными данными,  $C_4$  – коэффициент, учитывающий профиль поверхности материала на платформе и определяемый как отношение  $F_{факт}/F$ , где  $F_{факт}$  фактическая поверхность материала на платформе,  $F_o$  – средняя плотность платформы. Значение  $C_4$  колеблется в пределах 1,3...1,6 в зависимости от крупности материала и степени заполнения платформы,  $C_5$  – коэффициент, учитывающий скорость обдува материала, которая определяется как геометрическая сумма скорости ветра и обратного вектора средней скорости движения транспорта. Значение коэффициента берется в соответствии с табличными данными,  $C_6$  – коэффициент, учитывающий влажность поверхностного слоя материала,  $C_6 = R_5$  в уравнении (1),  $N$  – число рейсов всего транспорта в ч.,  $L$  – средняя протяженность пути, км,  $d_1$  – пылевыведение в атмосферу на 1 км пробега при  $\ell_1 = 1$ ,  $\ell_2 = 1$ ,  $\ell_3 = 1$  принимается равным 1450 г,  $d^1_2$  – пылевыведения с единицы фактической поверхности материала на платформе, г/(м<sup>2</sup>·с),  $d^1_2 = d^1$ ,  $F_o$  – средняя площадь платформы, м<sup>2</sup>,  $n$  – число автомашин,  $C_7$  – коэффициент учитывающий долю пыли, уносимой в атмосферу, равный 0,01.

Номинальные величины коэффициентов  $C_1...C_7$ , а также  $N$ ,  $L$ ,  $d_1$ ,  $d^1_2$ ,  $F_o$  и  $n$ , которые соответствуют условиям АКСМ представлены в табл. 2.

Находим количество пыли, выделяемое при работе автотранспорта  $Q_2 = 0,56$  г/с. Если принять, что кирпичный завод работает 320 дней в году по две смены в сутки, то ежегодное количество пыли, выбрасываемое при автотранспортных работах, составляет 10323 кг/год.

Сводная таблица расчетных параметров

Обозначения	Наименование параметра	Значение параметра
$C_1$	Средняя грузоподъемность единицы автотранспорта	0,9
$C_2$	Средняя скорость передвижения автотранспорта	2
$C_3$	Состояние дорог	0,5
$C_4$	Профиль поверхности материала на платформе	1,5
$C_5$	Скорость обдува материала	1,5
$C_6$	Влажность поверхностного слоя материала	0,8
$C_7$	Доля пыли, уносимой в атмосферу	0,01
$F_o$	Средняя площадь платформы, м <sup>2</sup>	7
$N$	Число рейсов всего транспорта, п/час	9
$L$	Средняя протяженность пути, км	10
$d_1$	Пылевыведение в атмосферу на 1 км пути, г	1450
$d_2$	Пылевыведение с ед. фактической поверхности, г/(м <sup>2</sup> ·с)	0,004
$n$	Число автомашин, шт.	6

Технологический регламент кирпичных заводов, работающих по методу пластического формования, предусматривает добавление в производственную шихту угля, в качестве выгорающей добавки. Выгорающая добавка предназначена для лучшего спекания керамического черепка, а также для снижения количества топлива при обжиге кирпича. Объем добавки зависит от природы основного сырья. В зависимости от гранулометрического, минералогического составов, а также пластичности сырья, количество выгорающей добавки составляет 3...7% от общей массы производственной шихты [3].

Перед введением в шихту, уголь подвергается помолу в дробильно-сортировочной установке. Гранулометрический состав молотого угля характеризуется как остаток на сите (размером отверстия 3 мм) не более 6 %, что предопределяет содержание в нем большого количества пылевидной фракции. Характерными свойствами угольной пыли является наибольшая сдуваемость и наименьшая критическая скорость. Относительно высокая сдуваемость угольной пыли может быть объяснена ее меньшим объемным весом и гидрофобностью.

Топливо состоит из горючих веществ углерода, водорода, летучей серы, и негорючих, называемых балластом, золы и влаги, т.е.

$$C + H + O + N + S + A + W = 100\% \quad (5)$$

где  $C, H, O, N, S$  – элемент топлива;  $A$  – зольность;  $W$  – влажность.

По сухой массе

$$C + H + O + N + S + A = 100\% \quad (6)$$

В процессы работы с молотым углем в атмосферу попадает большое количество органической массы ( $C, H, O, N$ ), а также небольшое количество летучей серы и минеральных частиц.

Используя методику [2] рассчитаем объем пылевыведений при разгрузке молотого угля самосвалами в бункер:

$$Q_3 = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4 \cdot R_5 \cdot R_7 \cdot 13^l \cdot G \cdot 10^6}{3600}, \quad (7)$$

где  $R_3, R_4, R_5, R_7$  – коэффициенты, аналогичные коэффициентам в уравнении (2).  $R_1$  – весовая доля пылевой фракции в материале;  $R_2$  – доля пыли (от всей массы пыли), переходящая в аэрозоль;  $B^l$  – коэффициент, учитывающий высоту пересылки;  $G$  – производительность узла пересылки, т/н.

Номинальные величины коэффициентов  $R_1 \dots R_7, B^l$  и  $G$ , которые соответствуют условиям АКСМ представлены в табл. 3.

Таблица 3

Сводная таблица расчетных параметров

Обозначение	Наименование параметра	Значение параметра
$R_1$	Весовая доля пылевидной фракции в материале	0,03
$R_2$	Доля пыли переходящая в аэрозоль	0,02
$R_3$	Местные условия	1
$R_4$	Местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий	0,3
$R_5$	Влажность материала	0,9
$R_7$	Крупность материала	1
$B^l$	Высота пересыпки материала	0,6
$G$	Производительность узла пересыпки, т/ч	1,4

Подставляя данные в формулу (7) находим количество пыли, попадающей в атмосферу при работе с молотым углем

$$Q_3 = 0,1 \text{ г/с.}$$

Ввиду того, что разгрузка угля процесс периодичный, невозможно точно и с достаточной научной обоснованностью определить ежегодный объем выбросов угольной пыли. Наши расчеты показывают, что примерное ежегодное количество пылевых выбросов составляет 1,5 т/год.

Завершающим и самым основным процессом в технологии строительной керамики является обжиг. От правильно выбранного режима обжига зависит количество и качество выпускаемой продукции. В основе обжига лежит горение топлива и физико-химические процессы, протека-

ющие в керамическом черепке. Подробно процесс горения топлива будет рассмотрен ниже. Конечные продукты полного сгорания топлива – дымовые газы и очаговые остатки, состоящие из золы и шлака.

На примере АКСМ рассчитаем количество пыли, выбрасываемой в атмосферу вместе с дымовыми газами. В качестве топлива АКСМ использует уголь Карагандинского бассейна. В начале определяем количество топлива необходимого для функционирования обжиговой печи в течение года. По технологическому регламенту предприятия, удельный расход топлива на 1000 штук условного кирпича составляет 250 кг. При мощности комбината 57 млн условного кирпича в год, ежегодное количество потребляемого топлива составит 14,25 млн кг топлива в год.

Опираясь на научно-исследовательскую работу Казоргтехстрема [5], мы можем определить количество дымовых газов, исходя из количества потребляемого топлива. При сжигании 250 кг топлива образуется 60 тыс. кг дымовых газов. Следовательно при сжигании 14,25 млн кг топлива образуется 3,42 млрд кг дымовых газов. В состав дымовых газов входят: непрореагировавший воздух, газообразные продукты сгорания, зола и мелкие минеральные частицы. Ежегодное количество пыли ( $Q_d$ ), выбрасываемое в атмосферу вместе с дымовыми газами рассчитывается по предложенной нами методике.

Суть метода выражается формулой

$$Q_{g.n.} = \frac{M}{100} \cdot \left( A - \frac{G \cdot 100}{m} \right), \quad (8)$$

где  $Q_{g.n.}$  – количество пыли в дымовых газах, кг;  $M$  – количество угля потребляемого предприятием в год, кг;  $A$  – зольность угля, %;  $G$  – масса золы, выгружаемой после одного технологического цикла, кг/г;  $m$  – масса угля загружаемого для функционирования обжиговой печи в течение одного часа, кг/ч.

Согласно материальному балансу предприятия, количество угля, сжигаемого в течение одного часа, составляет 70 кг в сухом состоянии, а количество образовавшейся при этом золы составляет 198 кг. Зольность используемого АКСМ угля составляет 32%.

Зная все необходимые параметры, определяем количество пыли в дымовых газах:

$$Q_{g.n.} = 534000, \quad \text{кг / год.}$$

Объем дымовых газов, равный 3,42 млрд кг, содержит 534 тыс. кг пыли. Из этого следует, что 1 кг дымовых газов содержит 0,156 г пыли. Кроме брака при сушке и обжиге, отходами производства керамического кирпича, является зола, образующаяся после сжигания каменного угля. По физическому состоянию отходы, образующиеся при сжигании топлива, можно разделить на три основных типа [1]:

*зола* – рыхлая масса, состоящая из не оплавленных или оплавленных с поверхности мелких зерен. Она образуется при относительно низких температурах;

*шлак* – спекшаяся, пористая, достаточно прочная масса, состоящая из отдельных кусков неправильной формы размером от 1...3 мм до 15...25 мм. Образуется при температурах выше 1000 °С;

*стеклокристаллический шлак* – минеральная часть топлива, получившаяся после охлаждения расплава – плотная, высокой прочности, стекловидная или закристаллизованная масса. Обычно расплавление достигается при температуре выше 1400 °С.

Согласно данной классификации, отходы, образующиеся в обжиговых печах после сжигания каменного угля, состоят из золы и шлака. При этом основную часть, ввиду низких температур, составляет зола, около 97 %.

Количественный и качественный состав золоотвалов зависит от природы угля, способа сжигания и объемов его потребления. Золой в основном состоят из  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{CaO}$  [6]. Основные минералы в них мета- и ортосиликаты, алюминаты, ферриты, алюмоферриты, шпинелли, дегидратированные глинистые минералы, кварц, тридимит, кристоболит, корунд,  $\gamma$ -глинозем, оксид кальция, оксид магния. Отмечены сульфаты, хлориды, фториды, кальцит, портландит, гидроксиды железа.

Золой имеют большую способность к пылеобразованию. Этот факт объясняется небольшим удельным весом данного материала.

Зоольность каменного угля, используемого АКСМ, составляет 32 %. Как видно из предыдущего пункта, 3,8 % золы уносится с дымовыми газами в атмосферу. Оставшаяся зола, в количестве 28,2 % от массы топлива, собирается в золоотвалах. При потреблении 14,25 млн кг угля в год, количество образовавшейся золы составляет 4018500 кг в год.

Для определения ежегодного объема пылевывосов с поверхности золоотвалов ( $Q_5$ ) воспользуемся уравнением 12 по методике [2]. Вследствие длительного хранения золоотвалов, а именно в разных клима-

тических условиях каждый период года, расчет пылевывбросов в атмосферу следует вести по сезонам.

Величины расчетных параметров по каждому периоду года представлены в табл. 4.

Таблица 4

Сводная таблица расчетных параметров

Параметр	Значение параметра по сезонам			
	зима	весна	лето	осень
$R_3$	1	1	1	1
$R_4$	1	1	1	1
$R_5$	0,01	0,7	0,9	0,7
$R_6$	1,3	1,3	1,3	1,3
$R_7$	0,8	0,8	0,8	0,8
$d$	0,005	0,005	0,005	0,005
$F$	435	435	435	435

Величина  $R_3$  бралась из условия, что среднегодовая скорость ветра составляет 1,1 м/с [4].

Определяем количество сдуваемой пыли с поверхности золоотвалов:

*зимний период (90 дней):*

$$Q_z = 155,5 \text{ кг} / \text{год}$$

*весенний период (92 дня):*

$$Q_v = 11923,2 \text{ кг} / \text{год}$$

*летний период (92 дня):*

$$Q_l = 15897,5 \text{ кг} / \text{год}$$

*осенний период (91 день):*

$$Q_o = 11793,6 \text{ кг} / \text{год}$$

Общее годовое количество пыли, сдуваемой с поверхности золоотвала, составляет:

$$Q_s = Q_p + Q_v + Q_l + Q_o \approx 39700 \text{ кг} / \text{год}$$

Определив количество пылевывбросов на каждом технологическом переделе, мы можем узнать суммарный ежегодный объем выбросов пыли в атмосферу одним предприятием стеновой керамической промышленности. Подставляя значения в формулу (1) получаем:

$$\Sigma Q = 585725 \text{ кг} / \text{год}$$

Таким образом основными источниками выбросов кирпичного завода являются процессы приема сырья, транспортировки сырья, помол и

хранение молотого угля, обжиг изделия, выгрузка и хранение золы. На примере АКСМ, количество пыли, поступающей в атмосферу вместе с дымовыми газами, составляет 585725 кг/год, при этом на каждый кубический метр дымовых газов приходится 0,156 г твердых частиц.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боженков П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология. – М.: Изд-во АСВ, 1994. – 264 с.
2. Гаврилова А.С., Чебурова В.Д., Перестюк Л.Н. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленных материалах. – Новороссийск, НПО «Союзстромэкология», 1989. – 25 с.
3. Госин Н.Я., Соболев М.А. Производство глиняного кирпича; Под ред. Г.В. Нагибина. – М.: Стройиздат, 1971. – 204 с.
4. МСН 2.04-01-98. Строительная климатология. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 113 с.
5. Оказание помощи в обработке оптимальных технологических параметров производства кирпича Алма-Атинского КСМ: Отчет о НИР / Казоргтехстром. – Алма-Ата, 1986. – 33 с.
6. Пантелеев В.Г. Золошлаковые материалы и золоотвалы. – М.: Изд-во Энергия, 1978. – 295 с.
7. Статистический ежегодник Казахстана / Сост. Ж.А. Кулекеев. – Алматы: Ғылым, 1999. – 62 с.

Центральная лаборатория сертификационных испытаний строительных материалов

#### **КЕРАМИКАЛЫҚ ӨНЕРКӘСІПТІҢ АНТРОПОГЕНДЫҚ ӘСЕР ЕТУІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИКАЛЫҚ ФАКТОРЛАРЫ**

Е.Т. Темиркулов

Техн. ғылымд. канд. Г.З. Шаяхметов

*Жұмыста керамикалық өнеркәсіптің саз балшықтан істелген кірпіш өндірісі мысалында физико-химиялық факторлардың антропогендік әсер етуі көрсетілген.*

УДК 622.822:628.511

**ОЦЕНКА И ПУТИ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РАСТВОРАМИ ПРИ КУЧНОМ  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ РУД**

Канд. техн. наук Ш.К. Альмухамбетова

*Предложена методика оценки загрязнения окружающей среды при утечке химических растворов в процессе выщелачивания руд. Для уменьшения воздействия процесса на окружающую среду предлагается замена цианидов на менее опасные соединения – тиокарбамидные, гидрохлорные, амиачные, тиосульфатные, серощелочные, органические, а также с применением бактериальных способов. Для ликвидации аварийных утечек следует применять кольматацию зон утечек специальными гидроизолирующими составами.*

При кучном выщелачивании руд на неподготовленном или подготовленном основании [1] важно оценить величину возможных утечек растворов в окружающую среду, которую можно представить как:

$$V_{ут} = Q_n - Q_0 - q_{ом}V_{ф} - q_z \cdot S_{осн} \cdot h_n, \quad (1)$$

где  $Q_n$  - количество раствора подаваемого на кучу, м<sup>3</sup>;  $Q_0$  - объем выщелачивающего раствора, вытекающего из кучи в прудки уловители, м<sup>3</sup>;  $q_z$  - удельный расход раствора для грунта в основании кучи, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $V_{ф}$  - фактический обработанный раствором объем руды в куче, м<sup>3</sup>;  $q_{ом}$  - удельный расход раствора для обработки руды в куче, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $S_{осн}$  - площадь на которую попадает раствор в основании кучи, м<sup>2</sup>;  $h_n$  - мощность грунта под основанием, м.

В соответствии с технологией процесса кучного выщелачивания перед обработкой руды выщелачивающими растворами объем промывается водой для влагонасыщения и удаления глинистых включений. Этот момент и следует использовать для оценки возможных утечек растворов в окружающую среду, помимо экспериментальных исследований надежности оснований кучи [1].

Согласно (1) величину утечек примем равной 0, тогда значение  $Q_0$  для неподготовленного основания будет равно

$$Q_0 = Q_n - q_{om}V_{\phi} - q_z S_{осн} h_{осн}. \quad (2)$$

Для подготовленного же основания при  $V_{ут} = 0$  и  $S_{осн} = 0$  определим, что

$$Q_0 = Q_n - q_{om}V_{\phi}. \quad (3)$$

Определив  $Q_0$ , рассчитаем нормальный уровень раствора  $h_0$  в прудках уловителях при отсутствии утечек.

Этот объем прудков уловителя обозначим через  $V_{np}$  и при условии их трапециидальной формы (Рис. 1) представим как

$$V_{np} = S_{np} \cdot L_{np},$$

где  $S_{np}$  - площадь поперечного сечения прудка уловителя,  $m^2$ ;  $L_{np}$  - длина прудка уловителя, м.

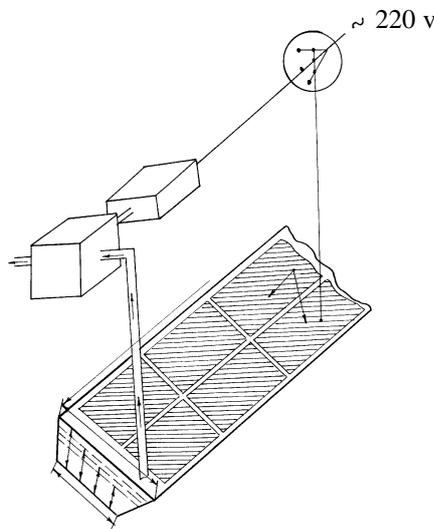


Рис. Схема автоматического контроля утечек раствора при кучном выщелачивании руд

Представим  $S_{np}$  в виде

$$S_{np} = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot h_{np},$$

где  $l_1$  и  $l_2$  - длина оснований трапециидального сечения прудка, м;  $h_{np}$  - высота поперечного сечения прудка уловителя, м.

Улавливаемый объем раствора  $Q_0$  разместится в объеме  $V_{np}$  и займет его часть, равную

$$Q_0 = \frac{l_1 + l'_2}{2} \cdot h_0 \cdot L_{np}. \quad (3)$$

Исходя из условий подобия призм ABCD и A'B'CD и равенства  $L_{np}$  отношение  $V_{np}$  к  $Q_0$  будет пропорционально отношению размеров  $V_{np}$  и размещенного в нем объема  $Q_0$ , т.е.

$$\frac{V_{np}}{Q_0} = \frac{h_{np}}{h_0} = \frac{l_2}{l'_2}. \quad (4)$$

Отсюда определим величину нормального уровня выщелачиваемого продуктивного раствора в прудке уловителя при отсутствии утечек, т.е.

$$h_0 = \frac{Q_0 \cdot h_{np}}{V_{np}}. \quad (5)$$

В случаях, если фактический уровень раствора в прудке  $h_\phi$  будет меньше нормального  $h_0$ , то значит имеются утечки раствора, которые определяются как

$$V_{ym} = Q_0 - Q_\phi, \quad (6)$$

где  $Q_\phi$  - фактический объем раствора в прудке уловителя, м<sup>3</sup>.

Величину  $Q_\phi$  нетрудно определить также из условий подобия по формуле

$$Q_\phi = Q_0 \cdot h_\phi / h_0. \quad (7)$$

Для определения мест утечек (основание кучи или прудки уловителя) раствора следует отключить его подачу в объем выщелачиваемой руды и наблюдать за уровнем раствора в прудке. Если уровень в прудке уловителя не изменится за некоторый промежуток времени, то значит утечки произошли через основание кучи. В случае, когда уровень раствора будет продолжать падать, то значит, утечки могут происходить как через основание, так и через прудки. Для определения величин утечек через основание кучи и прудки-уловители следует замерить уровень раствора в момент отключения его подачи в объем кучи руды  $h_\phi$  и уровень  $h_2$  после истечения некоторого периода времени. По разнице уровней  $h_\phi$  и  $h_2$  можно определить величину утечек через прудки-уловители по формуле

$$V_{ym.np} = Q_{\phi} \left( 1 - \frac{h_2}{h_{\phi}} \right). \quad (8)$$

Величину утечек через основание можно рассчитать по формуле

$$V_{ym.осн.} = Q_0 \left( 1 - \frac{2h_{\phi} - h_2}{h_0} \right). \quad (9)$$

На основе вышеизложенного предлагается следующая методика контроля за утечками раствора при кучном выщелачивании руд:

- по формулам (2) или (3), в зависимости от подготовленности основания, определяют величину  $Q_0$ , которая корректируется со временем по изменению величины  $q_{om}$ ;
- рассчитывают величину нормального уровня жидкости  $h_0$  по формуле (5);
- отключают подачу раствора в объем руды и измеряют фактический уровень раствора  $h_{\phi}$  в прудке уловителя;
- рассчитывают фактический объем раствора  $Q_{\phi}$  в прудке уловителя по формуле (7);
- рассчитывают величину утечек раствора  $V_{ym}$  в окружающую среду по формуле (6);
- измеряют уровень  $h_2$  по истечении некоторого периода времени после отключения подачи раствора в объем руды и по формуле (8) определяют утечки раствора через прудки уловителя;
- рассчитывают утечки раствора через основание кучи по формуле (9).

Для автоматического контроля утечек раствора разработана схема (см. рис.), сущность которой заключается в следующем.

На поверхности выщелачивающего раствора в прудке устанавливаются плавающие коллекторы (гелиоустройства) тепла солнечной радиации. При этом, плавающие коллекторы тепла солнечной радиации одновременно подогревают выщелачивающий раствор для повышения эффективности выщелачивания и снижают испаряемость растворов в атмосферу, а также используются для автоматического контроля уровня в прудке. На одном из плавающих коллекторов 4 жестко соединена штанга, на противоположном конце которой имеется устройство для отключения сети питания двигателя насоса, подающего раствор в выщелачиваемый объем. При утечке раствора плавающий коллектор опустится ниже нормального уровня и шина, разъединяющая сеть питания, уйдет в положение 3. Двигатель обесточится и подача раствора в кучу будет прекращена. В случае

избытка раствора, поступающего в прудки уловителя, питающая шина примет положение 1 и также будет прекращена подача раствора на кучу. В случае нормального орошения кучи поплавковый коллектор устанавливается на нормальном уровне 2, а выщелачивающий раствор будет подаваться в кучу. Таким образом, оператор, ведущий наблюдение за процессом выщелачивания руды, контролирует работу насоса, подающего выщелачивающий раствор, и фиксирует положение уровня плавающего коллектора солнечной радиации. В случае установки положения уровня, соответствующего утечкам, следует принимать меры по их устранению.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды выщелачивающими растворами, прежде всего, следует рассмотреть вопрос о замене высокотоксичных цианидных растворов на менее токсичные – тиокарбамидные, гидрохлорные, аммиачные, тиосульфатные, серощелочные, органические, а также с применением бактериальных способов. При этом следует обратить внимание, что наибольший интерес в мировой практике извлечения золота и серебра из природных материалов вызывает процесс выщелачивания с применением тиосульфата аммония или натрия, а иногда и их смеси. Однако широкого промышленного внедрения тиосульфатных растворов до настоящего времени нет, хотя эффективность их использования апробирована в лабораторных условиях [2].

При обнаружении утечек растворов следует предпринять меры и способы по их устранению. Одним из таких способов является кольматация зон утечек специальными гидроизолирующими составами. Гидроизолирующие составы так же должны отвечать требованиям низкой токсичности и малым сроком набора прочности в увлажненных и обводненных горных породах в основании выщелачиваемой кучи. Для снижения токсичности известных гидроизолирующих составов в качестве ускорителя-восстановителя может быть использована паста НРС (невзрывчатая разрушающаяся смесь), приготовленная в водном растворе ОП-10 по специальной технологии. Применение пасты НРС в водном растворе ОП-10 при отвердении ненасыщенных полиэфирных смол марок ПН-609-21 м и ПН-1 исключает использование диметиланилина, отличающегося токсичностью, взрывоопасностью и дороговизной. Технология же приготовления ускорителя на основе пасты НРС очень простая и дешевая, недефицитная и может заменить традиционные, органические восстановители-ускорители.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмеджанов Т.К., Альмухамбетова Ш.К. и др. Опыт определения гидроизоляционных свойств основания при кучном выщелачивании полезных ископаемых. //Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2000, №1. С. 165-171.
2. Бегалинов А., Яковлев А.П., Ахмеджанов Т.К. и др. Тиосульфатное выщелачивание золота. Теория и практика. – Алматы, Ғылым, 2001. 254с.

**КЕНДЕРДІ ЖИНАҚТАП ШАЙМАЛАУ КЕЗІНДЕ ҚОРШАҒАН  
ОРТАНЫҢ ЛАСТАНУЫН БОЛДЫРМАУДЫ БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ОНЫҢ  
ЖОЛДАРЫ**

Техн. ғылымд. канд. Ш.К. Әльмұхамбетова

*Кендерді шаймалау процесінде химиялық ерітінділердің таралуы кезіндегі қоршаған ортаның ластануын бағалау әдістемесі берілген. Бұл процестің қоршаған ортаға теріс әсерін азайту үшін цианидтерді қауіп келірек- тиокарбимидті, гидрохлорлы, аммиакты, тиосульфатты, күкірт сілтілі, органикалық заттарға, сонымен қатар бактерияларды тәсілдер мен ауыстыру ұсынылған. Апатты таралуларды жою үшін таралу аймақтарын арнайы гидроизоляциялау қоспаларымен кольматациялауды қолдану қажет.*

УДК

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ГАЗООБРАЗНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ  
ПРИ ИСПАРЕНИИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Доктор техн. наук М. Жараспаев  
 Канд. техн. наук А.Н. Нысангалиев  
 Доктор техн. наук Т.К. Ахмеджанов  
 К. Кошанова  
 Е.Х. Аязбаев

*Предложены расчетные формулы для определения выделяющихся газов из нефти и нефтепродуктов, находящихся в резервуарах и емкостях, и радиусов зон загрязнения атмосферного воздуха.*

Потери нефти и нефтепродуктов в основном и промежуточных резервуарах обусловлены высокой температурой и давлением насыщенных паров нефти и нефтепродуктов [1]. Представим себе в объеме низкомолекулярных углеводородов воображаемую единичную площадку. Так как низкомолекулярные углеводороды находятся в равновесии, через эту площадку будет пролетать в единицу времени в каждом направлении среднем одинаковое количество молекул.

Допустим, что молекулы движутся только вдоль трех взаимно перпендикулярных направлений. Если в выделенном объеме содержится  $N$  молекул, то в любой момент времени вдоль каждого из направлений будет двигаться  $N/3$  молекул, причем половина из них (т.е.  $N/6$  молекул) движется в одну сторону, половина в противоположную сторону. Следовательно, в направлении по нормали к площадке  $\Delta S$  движется  $1/6$  часть всех молекул.

Предположим, что все молекулы движутся со средней скоростью  $V$ , равной скорости дыхания резервуара. Тогда за время  $\Delta t$  до площадки  $S$  долетят все движущиеся по направлению к нему молекулы, заключенные в объеме цилиндра с основанием  $\Delta S$  и высотой  $V\Delta z$ . Число этих молекул равно

$$v = \frac{n}{6} \Delta S V \Delta z, \tag{1}$$

где  $\nu$  - число молекул, пролетающих через площадку  $\Delta S$  за время  $\Delta t$  ;  
 $n$  - число молекул низкомолекулярных углеводородов в единице объема,  $\text{м}^{-3}$  ;  
 $V$  - средняя скорость движения всех низкомолекулярных углеводородов,  $\text{м/с}$ .

Скорость молекул низкомолекулярных углеводородов в потоке предполагалась одинаковой. Если отказаться от допущения об одинаковости скоростей молекул, то следует выделить из числа молекул в единице объема те  $dn_\nu$  молекул, скорости которых лежат в интервале от  $V$  до  $V+dV$ . Количество молекул, имеющих такие скорости и долетающих до площадки  $S$  за время  $\Delta t$  равно

$$dV_\nu = \frac{1}{6} dn_\nu \Delta S V \Delta t . \quad (2)$$

Полное число молекул в направлении  $\Delta S$  получим, проинтегрировав выражение (2) по скоростям:

$$\Delta V = \int dV_\nu = \frac{1}{6} \Delta S V \Delta t \int_0^{V_{\max}} V dn_\nu . \quad (3)$$

Выражение  $\frac{1}{n} \int_0^{V_{\max}} V dn_\nu$  представляет собой среднее значение величины скорости  $V$ . Заменив в (3) интеграл скорости произведением  $nV$ , получим для числа молекул выражение

$$\Delta \nu = \int dV_\nu = \frac{1}{6} \Delta S V \Delta t n V , \quad (4)$$

где  $\Delta \nu$  - число молекул, низкомолекулярных углеводородов, оказавшихся в цилиндре с основанием  $S$  и высотой  $\Delta \nu \Delta t$ .

Интенсивность выделения низкомолекулярных углеводородов из источника представляет собой массу газа, вылетевшего из единицы площади в единицу времени. Следовательно, если формулу (4) умножим на массу молекул низкомолекулярных углеводородов, а также разделим на площадку  $S$  и на время  $\Delta t$  то получим выражения для интенсивности выделения низкомолекулярных углеводородов из источника загрязнения окружающей среды:

$$\bar{J} = \frac{1}{6} \frac{m}{\Delta S \Delta t} \Delta \nu = \frac{1}{6} mnV . \quad (5)$$

Произведение массы молекул низкомолекулярных углеводородов на их число дает загазованность окружающей среды, т. е.

$$mn = N_3 \quad (6)$$

Интенсивность выделения молекул низкомолекулярных углеводов с учетом формулы (6) будет иметь вид:

$$\bar{J} = \frac{I}{6} N_3 V. \quad (7)$$

В реальных условиях вместе с низкомолекулярными углеводами выделяются и другие молекулы нефти и нефтепродуктов. Однако вид формулы (7) не изменится, так как в ней содержатся величины определяемые экспериментально. Поэтому выражение (7) справедливо для определения интенсивности выделения газообразных веществ из источника загрязнения окружающей среды. Кроме того, вид формулы (7) не изменяется с изменением температуры и давления насыщенных паров, нефти и нефтепродуктов. Величина, определяемая формулой (7) соответствует мгновенному значению интенсивности выделения газообразных веществ. Так как выделение происходит до тех пор, пока не выровняется давление насыщенных паров нефти с атмосферным давлением. Это состояние практически наступает очень быстро и характеризуется скоростью дыхания. Выделение газообразных веществ из источника загрязнения до достижения насыщения незначительно ими можно пренебречь.

Таким образом, выделение газообразных веществ из нефти и нефтепродуктов, находящихся в емкостях и резервуарах, происходит циклически. При этом интенсивность выделения определяется по формуле (7) для соответствующего значения и давления и температуры, а также загазованности и скорости дыхания.

На скорость дыхания накладывается скорость воздушного потока. В результате этого газообразные вещества распространяются в окружающей среде с результирующей скоростью  $V_p$

$$\vec{V}_p = \vec{V} + \vec{V}_0, \quad (8)$$

где  $\vec{V}_p$  - результирующая скорость распространения вредных газообразных веществ в атмосфере, м/с;  $\vec{V}_0$  - средняя скорость воздушного потока, м/с.

Так с учетом формулы (8) интенсивность распространения определяется выражением:

$$\bar{J} = \frac{I}{6} N_3 (\vec{V} + \vec{V}_0) = \frac{I}{6} N_3 \vec{V}_p. \quad (9)$$

Таким образом, интенсивность выделения и интенсивность распространения газообразных веществ в атмосфере по существу разные величины, несмотря на то, что они определяются по одинаковым по форме выражениям. Для интенсивности распространения газообразных веществ существенную роль играют атмосферные явления и скорость воздушного потока.

Интенсивность распространения газообразных веществ в окружающей среде от источника изменяется в зависимости от расстояния.

Для выяснения характера изменения, интенсивности распространения газообразных веществ в атмосфере рассмотрим поток загазованного воздуха. В результате воздействия различных атмосферных явлений на расстоянии  $r$  от источника до расстояния  $r+dr$  интенсивность распространения уменьшается на величину  $dJ$ . Влияние атмосферных явлений на процесс распространения газообразных веществ в окружающей среде необходимо учитывать эмпирическим коэффициентом  $K$ . Поэтому нет необходимости установления механизма воздействия атмосферных явлений на процесс распространения в нем газообразных веществ. Тогда интенсивность распространения газообразных веществ будет описываться дифференциальным уравнением

$$dJ = -JKdr, \quad (10)$$

где  $dJ$  - изменение интенсивности на расстоянии  $dr$ , мг/м<sup>2</sup>с;  $J$  - начальная интенсивность на расстоянии  $r+dr$ , мг/м<sup>2</sup>с;  $dr$  - расстояние, на котором интенсивность изменяется на  $dJ$ , м;  $K$  - эмпирический коэффициент, м<sup>-1</sup>.

Знак минус показывает на то, что с увеличением расстояния от источника загрязнения интенсивность распространения уменьшается, т. е. с возрастанием  $r$  интенсивность убывает.

Интенсивность распространения газообразных веществ у самого источника равняется интенсивности выделения  $J_B$ . Найдем интенсивность распространения на расстоянии  $r$  от источника. Для этого проинтегрируем выражение (10), предварительно разделив переменные:

$$\int_{J_B}^{J_P} \frac{dJ}{J} = -K \int dr. \quad (11)$$

В результате интегрирования получим  $\ln J_P - \ln J_B = -Kr$ , откуда имеем:

$$J_P = J_B e^{-Kr}, \quad (12)$$

где  $J_P$  -интенсивность распространения газообразных веществ в атмосфере, мг/м<sup>2</sup>с;  $J_B$  -интенсивность выделения газообразных веществ из источника (в частности, из резервуара), мг/м<sup>2</sup>с.

Выражение (11) показывает изменение интенсивности распространения газообразных веществ от источника до места отбора проб на загазованность. Как видно из выражения интенсивность распространения газообразных веществ от источника убывает по экспоненциальной зависимости. Радиус кривизны экспоненты зависит от коэффициента  $K$ , который определяется экспериментально.

Одной из основных характеристик нефти и нефтепродуктов из резервуаров является давление насыщенных паров. При выбросе вредных газообразных веществ из резервуара давление в нем падает до атмосферного значения. Это соответствует одному циклу дыхания со средней скоростью  $V$ .

Падение давления в резервуаре соответствует потере энергии с единицы объема. Следовательно, можно записать, что падение давления в резервуаре определяется следующим соотношением:

$$\Delta P = P_H - P_a = \frac{N_3 \cdot V^2}{2}, \quad (13)$$

где  $P_H$  - давление насыщенных паров нефти и нефтепродуктов, Н/м<sup>2</sup>;  $P_a$  - атмосферное давление окружающей среды, Н/м<sup>2</sup>;  $N_3$  - загазованность окружающей среды, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  - средняя скорость выброса газа, м/с.

Выражение (13) можно представить через интенсивность выделения газа  $J_B$  из источника

$$\Delta P = 3J_B V \quad (14)$$

откуда интенсивность газовыделения через падение давления

$$J_B = \frac{\Delta P}{3V}. \quad (15)$$

Интенсивности распространения газа с учетом формулы (15) можно представить в следующем виде:

$$J_B = \frac{\Delta P}{3V} e^{-Kr}, \quad (16)$$

где  $\Delta P$  - разность давления, Н/м<sup>2</sup>;  $V$  - скорость выброса газа или скорость дыхания, м/с.  $K$  - эмпирический коэффициент, м<sup>-1</sup>;  $r$  - расстояние от источника до места отбора проб на загазованность, м.

Коэффициент  $K$  определяется по эмпирической формуле Константинова. Скорость  $V$  определяется экспериментально с использованием анемометров. Давление насыщенных паров нефти и нефтепродуктов также определяется экспериментально. Таким образом, формула (16) позволяет определять интенсивность распространения газообразных веществ в атмосфере.

Добыча нефти включает следующие операции: сбор, подготовка и транспортирование. При этих процессах происходит потеря нефти, обусловленная испарением и разными утечками. Величина этих потерь зависит от физико-механических свойств нефти и особенностей сбора, подготовки и транспортирования ее до потребителя. В результате этих потерь загрязняется окружающая среда. До сих пор не достаточно обоснованно устанавливается область загрязнения атмосферы газообразными выбросами нефти и нефтепродуктов. Загрязнение окружающей среды зависит от интенсивности распространения газообразных веществ в атмосфере.

Решение дифференциального уравнения (10) относительно расстояния  $r$  позволяет получить следующее уравнение:

$$\ln J_p - \ln J_B = -Kr. \quad (17)$$

Преобразование формулы (17) приводит к следующему выражению:

$$r = \frac{1}{K} \ln \frac{J_B}{J_p}, \quad (18)$$

где  $r$  - радиус загрязнения окружающей среды, м;  $J_B$  - интенсивность выделения газообразных вредных веществ  $\text{мг}/\text{м}^2\text{с}$ ;  $J_p$  - интенсивность распространения газообразных вредных веществ в атмосфере,  $\text{мг}/\text{м}^2\text{с}$ ;  $K$  - эмпирический коэффициент,  $\text{м}^{-1}$ .

Если воспользоваться формулами интенсивности газовыделения и распространения, то получим для радиуса зоны загрязнения выражение:

$$r = \frac{1}{K} \ln \frac{N_3 V_B}{N_{\text{ПДК}} V_0}, \quad (19)$$

$N_3$  - загазованность атмосферы предприятия,  $\text{м}/\text{м}^3$ ;  $N_{\text{ПДК}}$  - предельно-допустимая концентрация газообразных вредных веществ нефти и нефтепродуктов,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $V_0$  - среднесуточная скорость атмосферного воздуха в окружающей среде,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $V_B$  - скорость выброса вредных веществ из резервуара,  $\text{м}/\text{с}$ .

Радиус зоны загрязнения можно выразить через разность давлений по следующей формуле:

$$r = \frac{1}{K} \ln \frac{\Delta P}{V_B N_{\text{ПДК}} V_0}, \quad (20)$$

где  $r$  - радиус зоны загрязнения, м;  $K$  - эмпирический коэффициент, м<sup>-1</sup>;  $\Delta P$  - разность давлений, Н/м<sup>2</sup>;  $V_B$  - скорость выброса вредных веществ в атмосферу, м/с.  $N_{\text{ПДК}}$  - предельно-допустимая концентрация газообразных вредных веществ нефти и нефтепродуктов, кг/м<sup>3</sup>;  $V_0$  - среднесуточная скорость атмосферного воздуха, м/с;

Все величины, входящие в формулу (19) и (20) определяются экспериментально с достаточно большой точностью.

Точное определение радиуса зоны загрязнения позволяет уточнить санитарно-защитные зоны в районе добычи, транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинов Н.Н. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. – М.: Гостоптехиздат, 1961.

Министерство охраны окружающей среды РК  
Каспий Мунай газ  
Актауский государственный университет

#### **МҰНАЙ ЖӘНЕ МҰНАЙ ӨНІМДЕРІНІҢ БУЛАНУЫ КЕЗІНДЕ АТМОСФЕРАНЫҢ ГАЗ ТӘРІЗДЕС ЗАТТАРМЕН ЛАСТАНУЫ**

Техн. ғылымд. докторы М. Жараспаев  
Техн. ғылымд. канд. А.Н. Нысанғалиев  
Техн. ғылымд. докторы Т.К. Ахмеджанов  
К. Кошанова  
Е.Х. Аязбаев

*Резервуарлар мен ыдыстардағы мұнай және мұнай өнімдерінен шығатын газдар мен атмосфералық ауаның ластану аймақтарының радиусын анықтауға арналған есептеу формулалары келтірілген.*

УДК 622.271:622.822

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ СЕРНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ НА  
МЕСТОРОЖДЕНИИ ТЕНГИЗСКОЕ**

Канд. хим. наук      Э.Х. Аязбаев  
Доктор техн. наук    Т.К. Ахмеджанов  
Канд. техн. наук      Ш.К. Альмухамбетова

*Описаны климатические условия в районе Тенгизского месторождения и технологический процесс нефтедобычи. Предлагается утилизировать твердые отходы серы путем изготовления серобетонных изделий*

Месторождение Тенгиз находится в юго-восточной части Прикаспийской низменности и административно принадлежит Жылыойскому району Атырауской области. Внутриматериковое положение и особенности орографии определяют резкую континентальность климата, основными чертами которого являются преобладание антициклонических условий, резкие температурные изменения в течение года и суток, жесткий ветровой режим и дефицит осадков. В узкой прибрежной полосе континентальность несколько смягчается, благодаря влиянию моря. В целом для всей рассматриваемой территории характерно наличие высоких температур летом и суровых морозов зимой.

Средние месячные значения температур воздуха в январе варьируют от 8 до  $-13^{\circ}\text{C}$ , испытывая понижения ночью до  $-20\dots-16^{\circ}\text{C}$  и повышения днем до  $-4^{\circ}\text{C}$ . В отдельные аномально холодные зимы здесь отмечаются морозы  $-36^{\circ}\text{C}$  и даже  $-40^{\circ}\text{C}$ , в аномально теплые - неожиданные оттепели до  $+5-15^{\circ}\text{C}$ .

Самым жарким является июль - месяц, когда средняя температура воздуха колеблется в пределах  $25\dots26,5^{\circ}\text{C}$ , испытывая днем увеличение до  $+30\dots33^{\circ}\text{C}$ , а ночью понижение до  $18\dots20^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность периода с температурой воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$  варьирует от 170 до 180 дней.

Устойчивый снежный покров устанавливается обычно во второй половине декабря и сохраняется в течение  $65\dots95$  дней. Средняя высота снежного покрова не превышает  $10\dots15$  см, средние запасы воды в снеге

25...40 мм. По условиям увлажнения рассматриваемая территория относится к сухим и в целом безводным районам. Годовая сумма атмосферных осадков здесь колеблется от 137 до 200 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в мае - июне и декабре и составляет в среднем порядка 9...13 мм.

Засушливость климата находит отражение и в режиме относительной влажности воздуха; число дней с относительной влажностью менее 30 % летом достигает 24,5 в месяц.

Режим ветра подчиняется сезонным изменениям в структуре поля атмосферного давления, которые в свою очередь испытывают зависимость от условий притока солнечной радиации и теплофизических особенностей подстилающей поверхности.

В зимний период здесь устанавливается область высокого давления, связанная с системой Сибирского (Азиатского) антициклона. Весной атмосферная циркуляция в регионе характеризуется усилением меридионального межширотного воздухообмена, обусловленного непрерывным чередованием вторжений холодного арктического и теплого тропического воздуха с последующим установлением поля повышенного давления. В летнее время барическое поле характеризуется размытой областью низкого давления в нижней тропосфере с преобладанием в приземном слое западных и северо-западных ветров. Осенью вновь усиливается меридиональный межширотный воздухообмен, однако, более слабый по сравнению с весенним периодом.

Характерной особенностью климата описываемой территории является исключительно высокая динамика атмосферы, создающая условия интенсивного турбулентного обмена и препятствующая развитию застойных явлений. Об этом свидетельствует низкая повторяемость нетленных ситуаций, наблюдаемых в течение года. В среднем, для рассматриваемой территории она не превышает 8 % от общего числа наблюдений.

Еще более показательной динамикой атмосферы над данной территорией представляется в оценке режима скорости ветра. Средние месячные значения скорости ветра превышают показатель, характеризующий среднюю скорость на территории Казахстана (3,7 м/с), и колеблется в пределах от 4,4 до 6,0 м/с в юго-восточной части области.

Наиболее активно выражена ветровая деятельность в районе Тенгиза и прилегающих территорий. Здесь средние скорости ветра в течение периода с марта по май близки к 7 м/с, в остальные месяцы - не ниже 5,3...6,0 м/с. Показатель среднего числа дней с сильными ветрами составляет 42 дня,

наибольшее число дней с сильными ветрами оценивается в 1/4.

Активная ветровая деятельность является причиной развития пыльных бурь. В изучаемом районе число дней с пыльными бурями составляет 54,4 дня. Число дней с метелями колеблется по территории области от 5-6 на востоке до 14...15 дней на западе. В отдельные годы оно увеличивается соответственно до 17...18 и 25...29 дней.

Почти на всех месторождениях Западного Казахстана исследованиями установлены аномальные содержания природных радионуклидов радия и тория в пластовых водах, извлекаемых вместе с нефтью. В пластовых водах нефтяных месторождений установлена тонкодисперсная органическая эмульсия с содержанием в небольших количествах углеводородной фракции, которая обогащается, в частности, изотопом радия Ra - 226 до 0,1...100 мкг/т., что превышает концентрации радионуклидов во всех известных подземных водах, за исключением вод урановых месторождений. При этом основным источником природных радионуклидов в пластовых водах являются вмещающие горные породы, где содержания урана, радия и тория очень низки и в основном не превышают "кларковых" (средних) для пород земной коры - урана - 2,5 г/т., радия - 0,9 мкг/т., тория - 13 г/т.

Основные выявленные причины радиоактивного загрязнения, связанные с добычей и транспортировкой нефти надсолевых месторождений, следующие:

I тип - сброс пластовых вод на поля испарения, нефтяные амбары – 67 % всех загрязнений;

II тип - скопления нефтешламов, ржавчины, солей, отработанные накопители фильтров – 11 % всех загрязнений;

III тип - металлоотходы – 16 % всех загрязнений;

IV тип - действующее технологическое оборудование, трубопроводы – 6 % всех загрязнений.

Тенгизское месторождение по геологическому строению, геолого-физическим, физико-гидродинамическим и емкостно-фильтрационным свойствам коллектора и характеристика флюидов (нефти, газа, пластовой воды) является аналогом Тенгизского месторождения, но отличается от него существенно меньшими запасами и размерами.

Сравнительно небольшие размеры месторождения позволяют однозначно решить вопрос системы сбора продукции скважин в пользу одноструйного сбора и с дальнейшей транспортировкой продукции на центральный сборный пункт (ЦПС) и далее на завод. Продукция замеряемых

скважин от ГИС с помощью дистанционно-управляемых электроприводных задвижек поочередно направляются на замерно-сепарационные установки. Продукция остальных скважин направляется на установку предварительного сброса пластовых мехпримесей и газа. Исходя из соображений использования замерного трубопровода в качестве нефтесборного при возможных нарушениях или профилактике основного трубопровода, диаметры трубопроводов от ГИС до ЦПС нефтесборных и замерных приняты одинаковыми – 300 мм. Прокладка трубопроводов от скважин подземная, коллекторов предпочтительно наземная, так как территория месторождения насыщена сборами, представляющих опасность с точки зрения наружной коррозии.

Нефтегазоперерабатывающие комплексные технологические линии (КТЛ), рассчитанные на переработку высокосернистого сырья месторождения, расположены в соответствии с технологической схемой. Пробная эксплуатация на месторождении будет проведена в 15 скважинах с различными сроками эксплуатации и очередностью ввода скважин в работу. Продукция фонтанных скважин будет поступать в выкидные трубопроводы диаметром 100...150 мм, далее на распределительные линии, с помощью которых она будет распределяться по нефтесборным коллекторам. Начальная переработка будет включать в себя отделения газа от нефти и ее стабилизацию. Стабилизированную нефть транспортируют по трубопроводу за пределы площадки, а отделенный газ очищают на самой площадке.

К западу от площадки объектов КТЛ находятся резервуары для хранения жидкой серы установлена дымовая труба отходящих газов. Очищенный от соединений серы газ проходит по технологической линии последовательно соединенных аппаратов осушки, разделения, фракционирования и обработки, в результате чего выделяются сухой газ, пропан и широкие фракции легких углеводородов. Образующиеся в результате функционирования объектов комплексной технологической линии жидкие отходы составляют три потока, каждый из которых направляется для переработки в разные пункты установок обработки технологических сточных вод. Сточные воды перекачивают в два наземных резервуара. На поверхности сточных вод в этих резервуарах образуется нефтяная фаза, которая откачивается и направляется на рекуперацию. После чего сточные воды пропускаются через нефтеводяные сепараторы и направляются в подземный накопительный резервуар.

На нефтегазоперерабатывающем комплексе образуется относительно небольшое количество твердых отходов, которые и накапливаются в закрытом бункере. Для хранения сырой нефти предлагаются надземные резервуары – хранилища с неподвижной крышей. Заглубленные отстойники предназначены для сбора воды и стоков из дренажных колодцев ливневой канализации. Собранные в отстойниках жидкости перекачиваются в очистные сооружения. Необходимы также надземные резервуары – хранилища для хранения воды пожаротушения.

При очистке нефти выделяется жидкая сера, которая после обработки транспортируется на площадку хранения серы, откуда ждет отправки ее в железнодорожных цистернах.

Паро-производящая установка имеет котлоагрегаты, подающие пар и горячую воду на технологические объекты КТЛ, в том числе паровые котлы производительностью по 50 т пара в час и котлы горячей воды. Одна КТЛ потребляет около 30 МВт электроэнергии от трех-четырех турбин.

Источниками выделения вредных веществ в атмосферу являются: завод, промысел, бурение, промбаза, вахтовый поселок, ГТЭС, эстакада нефтеналива.

В выбросах в атмосферу содержатся следующие ингредиенты: сероводород, углеводороды, сернистый ангидрид, окись азота, двуокись азота, окись углерода, меркаптаны, пыль серы, диэтаноламин (ДЭЛ), спирт метиловый, сероокись углерода, сварочный аэрозоль, соединения марганца и др. Все загрязнители имеют нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) для населенных пунктов. Значительное влияние на окружающую среду оказывают склады серы, из которых выделяются серосодержащие газы и серная пыль.

Лабораторными экспериментами установлено, что интенсивность выделения серосодержащих газов (сероводород, сернистый ангидрид) имеет отличительную особенность, заключающуюся в том, что интенсивность выделения указанных газов с понижением температуры растет до определенного значения (см. рис.), затем стабилизируется и при положительных температурах также несколько увеличивается. Это указывает на то, что загрязнения оставшимися в сере газами может происходить как в летний, так и в зимний периоды года.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды газами и серной пылью предлагается утилизировать твердые серные отходы. Одним из вариантов утилизации предлагается изготовление из них, до засты-

вания жидкой серы, таких строительных изделий как, например, серобетонных железнодорожных шпал, свай, блоков, плит и т.д. [1].

Следует особо подчеркнуть, что такие серобетонные изделия как шпалы отличаются тем, что в процессе их эксплуатации могут подвергаться ремонту без изъятия их из под рельс. Кроме того, блоки и сваи, ввиду их высокой коррозионной стойкости могут применяться при строительстве морского порта в г. Актау, а также при сооружении морских платформ при добыче нефти в Каспийском регионе, в том числе и на море.

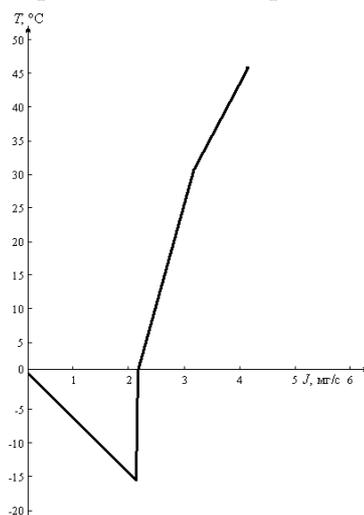


Рис. Изменение интенсивности выделения серосодержащих газов при различных температурах серы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмеджанов Т.К., Альмухамбетова Ш.К., Аязбаев Э.Х., Тулемисова З.М. Пути утилизации твердых серных отходов нефтегазовой промышленности. Материалы II-ой международной научно-практической конференции «Транспорт Евразии, взгляд в XXI век». – Алматы, КазАТК, 2002. С.106-108.

#### ТЕҢІЗ КЕН ОРНЫНДАҒЫ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ КҮКІРТ ҚОСПАЛАРЫМЕН ЛАСТАНУЫНЫҢ КЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫ МЕН ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Химия. ғылымд. канд.      Э.Х. Аязбаев  
Техн. ғылымд. Докторы    Т.К. Ахмеджанов  
Техн. ғылымд. канд.      Ш.К. Әльмұхамбетова

*Теңіз кен орны аймағындағы климаттық жағдайлар*

*және мұнай өндіру технологиялық процесі суреттелген. Күкірт-бетон өнімдерін жасау жолымен күкірт қалдықтарын жою ұсынылған.*

УДК 556.04(574.51)

**ПРОБЛЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
АЛМАТИНСКОГО РЕГИОНА**

О.А. Артемьев

*Рассмотрены характеристики водопотребления в г. Алматы и пограничных с мегаполисом территориях, проблемы методического обеспечения эколого-аналитического контроля и предложения по его совершенствованию*

Речная экосистема, как элементарная единица биосферы, характеризуется индивидуальными особенностями, в соответствие с которыми, она занимает своё определенное место в окружающей среде [4, 9]. Изменение каких-либо ее компонентов обязательно повлияет на другие связанные с ней. Контроль состояния экосистем малых горных рек, являющихся источником питьевой воды крупнейшего города Казахстана – Алматы – является предметом исследований многих ученых и специалистов – гидрологов, биохимиков, экологов и др. и включает изучение особенностей развития данных экосистем, факторов антропогенного воздействия, разработку методик проведения мониторинга их основных характеристик, вопросы гидрологии и гидрографии и т.д. [5, 6]. Состояние и динамика развития экосистем зависит от многих факторов естественного и антропогенного характера.

В условиях урбанизации природных территорий важное значение приобретает поддержание естественного состояния экосистем и их регулирование на основе научно-обоснованных методик. При этом особое внимание уделяется экосистемам вблизи крупных административных и промышленных центров, наиболее подверженным хозяйственному воздействию и нуждающимся в защите. Экосистемы малых горных рек, находящихся в сфере влияния мегаполисов, каковыми являются бассейны рек Малой и Большой Алматинки, Весновки, являются жизненно важными для г. Алматы и требуют чуткого реагирования на малейшие отклонения от равновесного состояния.

Суммарное количество потребляемой городом воды составляет от 300 до 340 млн м<sup>3</sup> в год. Соотношение объемов добычи из поверхностных подземных источников приведено в табл.

Таблица

Источники водозабора, 1998 г

Вид вод	Источник	Количество добычи, млн м <sup>3</sup> /год	Доля, %
Поверхностные воды	Большая Алматинка	81,4	26,8
	Малая Алматинка	9,5	3,1
Подземные воды	Талгар и скважины в черте города	213,2	70,1

Из приведенных данных видно, что водоснабжение г. Алматы осуществляется в основном за счет подземных вод (приблизительно на две трети). При этом, месторождение подземных вод Алматы обеспечивает потребности города на 33 %, Талгарское месторождение – на 38%.

Данные контроля показывают, что поднятые подземные воды из обоих месторождений подземных вод в целом удовлетворяют требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Однако, следует учитывать, что область их питания на 50 % связана с приповерхностной, т.е. опасной по возникновению загрязнения, зоне. Анализ подземных вод в Алматинском регионе до глубины 150 м указывает на превышение ПДК, в частности по нитратам, бромидам, фторидам и катионам марганца, ртути, кадмия, свинца, алюминия, меди, что, в случае отсутствия защитных мероприятий, создает потенциальную угрозу загрязнения этой категории водных ресурсов.

В последние годы наблюдается относительное увеличение доли более дешевого водозабора поверхностных вод. Процесс подготовки предусматривает их отстаивание после водозабора при добавлении коагулянтов и флокулянтов и фильтрование. Перед подачей воды в сеть водоснабжения производится хлорирование до максимальной концентрации 0,3 мг/дм<sup>3</sup> (механическая очистка подземных вод не производится, они подвергаются исключительно хлорированию).

Для г. Алматы основными источниками питьевой воды являются малые горные реки: Большая и Малая Алматинки. Для отрезков водотоков этих рек вне города Алматы установлены строгие нормы качества водных запасов, реки классифицированы в группу рыбохозяйственных водоёмов. Согласно данной классификации, не всегда возможен ввод в Алматинку

поднятых грунтовых вод, имеющих качество питьевой воды. Жесткость требований предопределяет тщательность контроля водных ресурсов, требуя оперативной и точной защиты городских ресурсов подземных вод от дальнейшего загрязнения. Поверхностные воды используются с максимальным расходом 2,6 м<sup>3</sup>/с (25 %) из Большой Алматинки и около 0,4 м<sup>3</sup>/с (4 %) из Малой Алматинки.

Вода в верхнем течении Большой и Малой Алматинки соответствует питьевой. Однако по результатам анализа в южной части г. Алматы отмечается превышение норм действующей классификации для *рыбохозяйственных водоемов* по углеводородам и фенолам. В нижнем течении рек влияние города проявилось в превышении ПДК по нитритам, фторидам, углеводородам, фенолу, меди, цинку. Реагируют на загрязнение и биоиндикаторы. Отведенные сточные воды г. Алматы показывают периодическое превышение норм по ионам ртути, цинка, железа, меди, нитритам, фосфатам, фторидам.

Существует достаточное количество методик анализа объектов окружающей среды [2, 4, 10], в том числе водных экосистем, однако не все они могут быть применены в системе экологического контроля. Многие методики по своим аналитическим и метрологическим показателям не удовлетворяют требованиям экоаналитического контроля (ЭАК). Так, большая группа методик реализуется только на уникальном аналитическом оборудовании [7] и не рассчитана, в силу своей специфичности, на массовое применение. Кроме того, методики анализа должны обладать определенным статусом, т.е. быть аттестованы и введены в действие. Складывается парадоксальная ситуация: несмотря на то, что постоянно обновляются действующие методики, разрабатываются и внедряются новые и для большинства нормируемых показателей можно подобрать подходящую, но аттестованных методик контроля не так много. А проведение ЭАК по неаттестованным методикам вызывает сомнение в достоверности результатов. При этом, не имея юридической силы, они не могут быть приняты во внимание при вынесении решений органами государственного контроля.

В зависимости от целей анализа можно выделить две основные группы методик:

- 1) применяемые для целей государственного контроля;
- 2) используемые для ЭАК природопользователями.

Перечни методик, входящих в первую группу, определяются государственными службами экологического контроля. Например, «Перечень аттестованных и временно допущенных к использованию методик опреде-

ления содержания компонентов в природных и сточных водах», подготовленный Министерством охраны окружающей среды, содержит 69 аттестованных методик и 94 – неаттестованные (временно допущенные к использованию). Результаты аналитического контроля с применением методик, не вошедших в Перечень, являются неофициальными и могут быть опротестованы.

Вторая группа методик жестко не регламентирована, поскольку природопользователи имеют право проводить ЭАК по любой из них при условии обеспечения достоверных результатов. Корректность последних оценивается по итогам внешнего контроля со стороны государственных экологических служб.

Одной из актуальных задач методического обеспечения ЭАК является его унификация, в том числе к международным стандартам (ИСО), поскольку большинство действующих в республике систем мониторинга в настоящее время функционирует по самостоятельным программам, часто никак не связанным друг с другом.

Следующий важный вопрос – кадровый. Для осуществления ЭАК любой из контролируемых природных сред нужен специально подготовленный персонал, профессионально владеющий современными методиками и обладающий знаниями в части методического, аппаратного и метрологического обеспечения экологического контроля. В идеале подготовка кадров служб ЭАК должна осуществляться на базе профильных ВУЗов согласно государственного заказа. В переходный период остроту проблемы можно было бы сгладить путем организации постоянно действующих курсов переподготовки и повышения квалификации, проведения специализированных семинаров, совещаний.

Учитывая, что эффективность лабораторного контроля зависит от технической компетенции исполнителей, очевидна необходимость комплексной оценки деятельности аналитических служб и лабораторий. Механизм оценки обычно включает процедуру аккредитации (или аттестации) на государственном либо ведомственном уровне, в процессе которой определяется соответствие декларированных и фактических возможностей организации по проведению работ в рамках ЭАК.

Перспективно введение в действие контрактной схемы. В случае привлечения к работам по ЭАК лабораторий на контрактной основе, обязательным условием является аккредитация контрактной лаборатории Госстандартом и Министерством охраны окружающей среды Республики Ка-

захстан. Увеличение количества привлекаемых для работы по контракту организаций будет способствовать созданию единой системы ЭАК при одновременном снижении затрат. При этом роль лабораторий госконтрольных органов по-прежнему остается определяющей и состоит в:

- обеспечении контрактных лабораторий объектами анализа (в том числе отбор, консервацию и транспортировку проб);
- постоянном контроле за качеством выдаваемых этими лабораториями результатов путем плановой поставки контрольных (шифрованных) проб;
- выявлении участков местности или источников загрязнения, требующих тщательного экоаналитического контроля, для чего необходимо создание сети передвижных аналитических лабораторий;
- подготовке заключений по результатам анализа проб для лиц, принимающих решения.

Учитывая то обстоятельство, что экологические границы охраны вод выходят далеко за пределы г. Алматы, целесообразно предусмотреть более тесное взаимодействие существующих подразделений мониторинговой системы города Алматы и Алматинской области, возможно создать единый координационный центр.

В мониторинге водопользования в числе источников антропогенного воздействия на природные водные объекты можно выделить группы:

- связанные с поступлением в водные объекты токсичных и вредных веществ (сооружения по сосредоточенному сбросу используемых вод, а также рассредоточенные источники загрязнения природных вод);
- приводящие к количественным изменениям природных водных ресурсов (сооружения по водозабору из поверхностных и подземных водных объектов);
- связанные с изменением естественного состояния и режима формирования водных ресурсов (гидротехнические системы и сооружения).

На всех указанных объектах организуются комплексные наблюдения по количественным и качественным параметрам, включая гидрохимические, гидробиологические и микробиологические характеристики [1].

Исследования рассредоточенных источников загрязнения включает оценку выноса загрязняющих веществ от сельскохозяйственного использования земель, хранилищ удобрений и ядохимикатов, территории

города, промышленных предприятий, свалок, накопителей жидких отходов, дренажных систем, транспортных объектов, рыбоводных прудов. При этом информация о параметрах рассредоточенных источников загрязнения водных объектов формируется в двух видах:

1. данные о фактическом выносе загрязняющих веществ;
2. данные о возможности аварийных ситуаций и их вероятных параметрах.

Осуществление стандартных мер требует от администрации и контрольных органов дополнительных действий по надзору. В водозащитных зонах необходимо производить уплотненно по времени и в пространстве как базисные, так и специальные измерения. Предпосылкой является наличие достаточного числа пунктов измерений, а также утвержденных администрацией границ и областей водозащитных зон. Эти зоны должны в интересах существующего или будущего общественного водоснабжения защитить водные ресурсы от вредных воздействий и предотвратить ливневый сток с поверхности, сопровождающийся внесением почвы и химикалий в водоёмы.

Для установления водозащитных зон необходимы данные, которые возможно получить лишь с помощью мониторинга, такие как, например, масса водозабора, геолого-гидрологическая ситуация, направления течений, уровень воды, скорость течения, время водообмена, процессы массопередачи веществ. Мониторинг должен охватить места водозабора с целью контроля водозащитных зон, исключив использование земель для сельскохозяйственных или лесохозяйственных целей, либо применение химических средств по борьбе с вредителями растений и т.д. Продолжительность наблюдений не должна быть менее пятидесяти дней. Зона строгого контроля предусматривает запрет на опасные для воды вещества, внесение органических и химических удобрений и средств борьбы с вредителями, а также строительство зданий.

Следующая наблюдаемая защитная зона имеет более «мягкий» режим, тем не менее, исключает хранение и транспортировку вредных веществ, подвод сточных вод и хранение химикалий. Для Алматы подобная защита в черте города вряд ли применима. Поэтому весьма проблематично использование в перспективе упомянутых выше месторождений подземных вод.

Контроль водоснабжения из открытых водотоков обычно также фокусируется на водозащитных зонах, которые должны быть строго определены. Объектом особого надзора являются зона водозабора и непосред-

ственно граничащая с ней водозащитная зона. Последняя охватывает площадь радиусом приблизительно в 200 м вокруг водозабора вверх по течению. Здесь также запрещены строительство, транспортное движение, сельскохозяйственные работы, хранение химических веществ. Необходим контроль и за другими защитными зонами вплоть до границы области водозабора путем рутинного надзора.

Мониторинг качества гидрэкосистем г. Алматы (в экологических границах) целесообразно производить на основе бывшей общегосударственной сети наблюдений с добавлением пунктов контроля в местах водопользования, которые могут представлять опасность, как для человека, так и для биоты.

Таким образом, мониторинг экосистем малых горных рек требует учета определенных особенностей.

1. Развитие экосистем характеризуется различными факторами природного и антропогенного характера, причем антропогенные факторы по частоте проявления и серьезности воздействия в последнее время преобладают.
2. Экосистемы малых горных рек, связанных с мегаполисом находятся в крайне неустойчивом состоянии и требуют постоянного мониторинга.
3. Не учет особенностей развития экосистем малых горных рек в условиях г. Алматы может привести к катастрофическим последствиям (селевые потоки, оползни, утрата ценных ландшафтов, эпидемии и т.д.).
4. Совершенствование методического обеспечения предполагает, прежде всего, его унификацию к стандартам ISO, а также систематизацию механизма аттестации методик на соответствие требованиям экоаналитического контроля.
5. В качестве первоочередных общих мер, направленных на повышение качества мониторинга водных объектов в Алматинском регионе, актуально комплексное решение вопросов кадрового обеспечения, расширение контрактной системы при соблюдении условий аккредитации и сохранения внешнего контроля со стороны государственных экологических служб, координация программ мониторинга на региональном уровне, упорядочение и расширение сети водозащитных зон.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абалин Л. Какую воду мы пьем // Экологические проблемы питьевой воды в Казахстане / Экономика и жизнь, 1997, №3. С.64-66.
2. Закон Республики Казахстан «Об охране окружающей среды», от 15.07. 1997.

3. Концепция единой системы экологического мониторинга водопользования г. Алматы: Отчет Алматинского городского управления охраны окружающей среды. Алматы, 1997. – С.19-25.
4. Максимов В.Н. Проблемы комплексной оценки качества природных вод (экологические аспекты) // Гидробиологический ж. 1991. 27. №3. С.8-13.
5. Олин Ю.А. Баишев К.С. Состояние малых рек, являющихся источникам питьевого водоснабжения и здоровья населения г. Алматы // Вестник КазГУ, сер. Экологическая. 2001. №1(8). С.80-85.
6. Оценка степени антропогенной нагрузки и разработка рекомендаций по обустройству водоохраных зон малых рек города: Отчет о НИР. – Алматы, 1995. – С. 35-37. –Отв. исполн. Дускаев К.К., Сарсенбаев М.Н.
7. Перечень рекомендуемых технических средств для оснащения служб аналитического контроля Министерства экологии и биоресурсов РК, Алматы, 1993. С.12-13.
8. Правила охраны подземных вод //Информационный экологический бюллетень – 1997. Министерство Экологии и природных ресурсов РК, Алматы, 1998. С.43-48.
9. РД 52.24.309—92. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Роскомгидромета. СПб. – 1992.
10. РНД 24.2.03.02 – 97. Методические указания по применению Правил охраны поверхностных вод Республики Казахстан / Алматы, 1997. – С.15-17.
11. РНД.1.0. 03 – 94. Правила охраны поверхностных вод Республики Казахстан. Алматы, 1994. – 5 с.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

### **АЛМАТЫ АЙМАҒЫ СУ ОБЪЕКТІЛЕРІНІҢ МОНИТОРИНГІ МӘСЕЛЕ- ЛЕРІ**

О.А. Артемьев

*Алматы қаласы мен оған шекаралас аумақтардағы суды пайдалану сипаттамалары, оны экологиялық талдау тұрғысынан бақылауды әдістемелік қамту мәселелері қарастырылған және оны жетілдіру шаралары ұсынылған.*

УДК 551.510.42

**О СОСТОЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ВО 2 КВАРТАЛЕ 2003 Г.**

Канд. геогр. наук М.Ж. Бурлибаев

Канд. геол. - мин. наук Е.Ж. Муртазин

*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 [5].

Во 2 квартале 2003 г. наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха проводились в 19 городах республики: Актау, Актобе, Алматы, Астана, Атырау, Балхаш, Жезказган, Костанай, Караганда, Павлодар, Петропавловск, Риддер, Семипалатинск, Тараз, Темиртау, Уральск, Усть-Каменогорск, Шымкент, Экибастуз и пос. Глубокое.

В течение квартала зарегистрировано 2 случая высокого загрязнения атмосферного воздуха - в г. Балхаше максимальная концентрация диоксида серы превышала ПДК в 20 раз, в г. Усть-Каменогорске - в 10,7 раз (табл.1.1).

Таблица 1.1

Сведения о случаях высокого загрязнения (ВЗ) атмосферного воздуха

Пункт	Число, месяц	Время	№ ПНЗ	Концентрация диоксида серы	
				мг/м <sup>3</sup>	кратность превышения ПДК
Усть-Каменогорск	30 апреля	11 час	№1	5,371	10,7
Балхаш	29 мая	13 час	№4	10,200	20,4

Наибольший уровень загрязнения атмосферного воздуха отмечался в г. Алматы (**ИЗА<sub>5</sub> 14,8**), г. Шымкенте (**ИЗА<sub>5</sub> 14,7**), и г. Караганде (**ИЗА<sub>5</sub> 13,7**) (табл. 1.2)

Таблица 1.2

Загрязнение воздушного бассейна городов Казахстана во 2 квартале 2003 г.

Пункт	ИЗА <sub>5</sub>	Примесь	Средняя концентрация		Максимальная концентрация		Р, %
			мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	
Актау	5,5	<i>Пыль</i>	0,5	3,3	2,9	5,8	29
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,05	1,2	0,14	1,6	5
Актобе	9,2	<i>NO<sub>2</sub></i>	0,05	1,3	0,17	2,0	3
		<i>Оксидуглерода</i>	1		6	1,2	0,1
Алматы	14,8	<i>Формальдегид</i>	0,012	4,0	0,019		
		<i>Пыль</i>	0,2	1,3	1,1	2,2	1,1
Астана	4,4	<i>Оксидуглерода</i>	2		16	3,2	5
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,06	1,6	0,49	5,8	19
		<i>Озон</i>	0,081	2,7	0,999	6,2	9
		<i>Формальдегид</i>	0,011	3,7	0,044	1,3	0,4
Атырау	1,7	<i>Пыль</i>	0,4	2,7	2,5	5,0	20
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,05	1,3	0,32	3,8	13
Балхаш	2,9	<i>NF</i>	0,004		0,024	1,2	2
		<i>SO<sub>2</sub></i>	0,073	1,5	10,2	20,4	2
пос. Глубокое	5,8	<i>Пыль</i>	0,2	1,3	1,0	2,0	0,4
		<i>SO<sub>2</sub></i>	0,075	1,5	0,142	0,6	0
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,07	1,7	0,18	2,1	29
		<i>Фенол</i>	0,003	1,0	0,037	3,7	8
		<i>Пыль</i>	0,04		0,6	1,2	1
Жезказган	5,1	<i>Формальдегид</i>	0,003	1,0	0,012		
		<i>Пыль</i>	0,3	2,0	1,5	3,0	12
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,03		0,09	1,1	0,4
		<i>Фенол</i>	0,005	1,5	0,021	2,1	10

Окончание табл.

Пункт	ИЗА <sub>5</sub>	Примесь	Средняя кон- центрация		Максимальная концентрация		Р, %
			мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	
Караганда	13,7	<i>Пыль</i>	0,1		0,8	1,6	0,7
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,05	1,3	0,26	3,1	17
		<i>Фенол</i>	0,008	2,5	0,035	3,5	20
		<i>Формальдегид</i>	0,014	4,7	0,048	1,4	6
Костанай	3,7	<i>СО</i>	2	0,8	18	3,6	1
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,07	1,8	0,18	2,1	18
Павлодар	1,3	<i>Пыль</i>	0,1		0,9	1,8	0,2
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,02	0,5	0,23	2,7	3
		<i>HCl</i>	0,04		0,37	1,9	0,4
Петропавловск	3,8	<i>Формальдегид</i>	0,004	1,3	0,011		
Риддер	8,1	<i>SO<sub>2</sub></i>	0,089	1,8	0,141		
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,07	1,8	0,16	1,9	19
		<i>Фенол</i>	0,006	2,0	0,010	1,0	1
Семипалатинск	2,3	<i>Пыль</i>	0,2	1,3	0,4		
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,04	1,0	0,11	1,3	2
Тараз	6,8	<i>NO<sub>2</sub></i>	0,05	1,3	0,18	2,1	6
		<i>Формальдегид</i>	0,008	2,7	0,04	1,1	0,1
Темиртау	7,3	<i>Пыль</i>	0,2	1,3	1,0	2,0	3
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,02		0,11	1,3	0,7
		<i>Фенол</i>	0,01	3,3	0,04	4,0	31
		<i>Сероводород</i>	0,001		0,012	1,5	0,4
Уральск	0,9	<i>NO<sub>2</sub></i>	0,03		0,13	1,5	0,7
Усть-Каменогорск	9,8	<i>Пыль</i>	0,1		0,8	1,6	0,4
		<i>SO<sub>2</sub></i>	0,109	2,2	2,813	5,6	1
		<i>СО</i>	1		14	2,8	0,8
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,10	2,5	0,32	3,8	53
		<i>Фенол</i>	0,005	1,8	0,043	4,3	12
		<i>Формальдегид</i>	0,004	1,3	0,04	1,1	0,1
Шымкент	14,7	<i>Пыль</i>	0,3	2,0	0,6	1,2	0,3
		<i>СО</i>	3	1,0	10	2,0	6
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,04	1,0	0,18	2,1	1
		<i>Аммиак</i>	0,05	1,2	0,24	1,2	0,4
		<i>Формальдегид</i>	0,018	6,0	0,092	2,6	5
Экибастуз	2,0	<i>СО</i>	1		7	1,4	1
		<i>Пыль</i>	0,1		1,0	2,0	1
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,03		0,16	1,9	0,9

Примечание: Р – повторяемость концентраций примесей выше ПДК.

Наибольшая **запыленность** воздуха отмечена в г. Актау (3,3 ПДК) и г. Астане (2,7 ПДК). Средние концентрации пыли в г. Жезказгане и г. Шымкенте составили 2 ПДК, в г. Алматы, г. Атырау, г. Алхаше, г. Темиртау и г. Семипалатинск – более 1 ПДК. В г. Актау зарегистрирована максимальная из разовых концентраций пыли около 6 ПДК, в г. Астане - 5 ПДК, в г. Жезказгане - 3 ПДК, в городах Алматы, Атырау, Балхаш, Караганда, Павлодар, Темиртау, Усть-Каменогорск, Шымкент, Экибастуз и пос. Глубокое – 1...2 ПДК.

Средние за квартал концентрации **диоксида серы** в г. Усть-Каменогорске превышали 2 ПДК, в г. Балхаше, г. Риддере и пос. Глубокое - 1 ПДК. В г. Балхаше отмечена максимальная из разовых концентраций диоксида серы более 20 ПДК, в г. Усть-Каменогорске - более 10 ПДК.

Средний уровень загрязнения воздуха **оксидом углерода** достигал 1 ПДК только в г. Шымкенте. В г. Алматы и г. Костаная наблюдались максимальные из разовых концентраций оксида углерода выше 3 ПДК, в г. Усть-Каменогорске и г. Шымкенте – выше 2 ПДК, в г. Актобе и г. Экибастузе – выше 1 ПДК.

Средняя за квартал концентрация **диоксида азота** в г. Усть-Каменогорске равнялась 2,5 ПДК, в городах Актау, Актобе, Алматы, Астана, Караганда, Костанай, Риддер, Семипалатинск, Тараз, Шымкент и пос. Глубокое - более 1 ПДК. Максимальная из разовых концентраций диоксида азота в г. Алматы составила 6 ПДК, в г. Астане, г. Караганде и г. Усть-Каменогорске – 3...4 ПДК, в г. Актобе, г. Костаная, г. Павлодаре, г. Таразе, г. Шымкенте и пос. Глубокое – выше 2 ПДК, в городах Актау, Жезказган, Риддер, Семипалатинск и Экибастуз - выше 1 ПДК.

Высокий уровень загрязнения воздуха **формальдегидом** наблюдался в г. Шымкенте (6 ПДК) и г. Караганде (5 ПДК). Средняя концентрация формальдегида в г. Актобе и г. Алматы составила 4 ПДК, в г. Таразе - 3 ПДК, в г. Петропавловске, г. Усть-Каменогорске и пос. Глубокое - более 1 ПДК. В г. Шымкенте отмечена максимальная из разовых концентраций формальдегида превышающая 2 ПДК, в г. Алматы, г. Караганде, г. Таразе и г. Усть-Каменогорске - 1 ПДК.

Повышенное содержание **фенола**, 3,3 ПДК, отмечено в г. Темиртау. Средние концентрации фенола в г. Караганде и г. Риддере превышали 2 ПДК, в г. Жезказгане, г. Усть-Каменогорске и пос. Глубокое - 1 ПДК. В г. Усть-Каменогорске и г. Темиртау зарегистрированы максимальные из

разовых концентраций фенола более 4 ПДК в г. Караганде и пос. Глубокое - более 3 ПДК, г. Жезказгане - более 2 ПДК, в г. Риддере – 1 ПДК.

Средняя концентрация **озона** в г. Алматы достигала 3 ПДК, максимальная из разовых - 6 ПДК.

Средняя и максимальная концентрация **аммиака** в г. Шымкенте превышали 1 ПДК.

Наблюдались максимальные из разовых концентраций выше 1 ПДК: **фтористого водорода** в г. Астане, **хлористого водорода** - г. Павлодаре, **сероводорода** - г. Темиртау.

По сравнению с 2 кварталом 2002 г. в городах Актобе, Атырау, Балхаш, Костанай, Павлодар, Петропавловск, Семипалатинск, Тараз, Уральск и Экибастуз состояние загрязнения атмосферного воздуха существенно не изменилось. В г. Жезказгане, г. Риддере, г. Темиртау, г. Усть-Каменогорске и пос. Глубокое отмечено снижение уровня загрязнения воздуха, в городах Актау, Алматы, Астана, Караганда и Шымкент - увеличение (табл.1.3, рис.1.1).

В сравнении с 2 кварталом 2001 в городах Актобе, Балхаш, Темиртау, Уральск и Экибастуз уровень загрязнения атмосферного воздуха значительно не изменился, в г. Атырау, г. Жезказгане, г. Павлодаре, г. Петропавловске, г. Риддере, г. Семипалатинске, г. Усть-Каменогорске и пос. Глубокое – снизился, в городах Актау, Алматы, Астана, Караганда, Костанай, Тараз и Шымкент - возрос (табл. 1.3, рис.1.1).

Таблица 1.3.

Приоритетный список городов Казахстана по уровню загрязнения атмосферного воздуха

Город	ИЗА <sub>5</sub> за 2 квартал			Отрасли промышленности, оказывающие влияние на состояние загрязнения воздуха
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	
Алматы	11,6	9,9	14,8	энергетика, автотранспорт
Шымкент	13,4	7,2	14,7	цветная металлургия, химическая, нефтеперерабатывающая
Караганда	5,2	8,1	13,7	энергетика, угледобывающая, автотранспорт
Усть-Каменогорск	14,7	15,3	9,8	цветная металлургия, энергетика
Актобе	8,8	9,6	9,2	черная металлургия, химическая
Риддер	10,2	12,9	8,1	цветная металлургия, энергетика
Темиртау	7,2	9,0	7,3	черная металлургия, химическая
Тараз	5,9	6,4	6,8	химическая
пос. Глубокое	11,6	10,6	5,8	цветная металлургия,
Актау	4,4	4,6	5,5	химическая
Жезказган	10,6	7,2	5,1	цветная металлургия, энергетика

Астана	1,6	2,9	4,4	энергетика, автотранспорт
Петропавловск	5,3	3,4	3,8	энергетика, приборостроение

Окончание табл.

Город	ИЗА <sub>5</sub> за 2 квартал			Отрасли промышленности, оказывающие влияние на состояние загрязнения воздуха
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	
Костанай	2,7	3,4	3,7	энергетика
Балхаш	2,5	3,0	2,9	цветная металлургия, энергетика
Семипалатинск	3,8	2,7	2,3	энергетика, строительных материалов
Экибастуз	1,5	1,9	2,0	энергетика, угледобывающая
Атырау	2,6	2,0	1,7	нефтеперерабатывающая
Павлодар	3,2	1,7	1,3	нефтеперерабатывающая, энергетика
Уральск	1,4	1,0	0,9	энергетика,
<b>Средний ИЗА</b>	<b>6,41</b>	<b>6,14</b>	<b>6,19</b>	

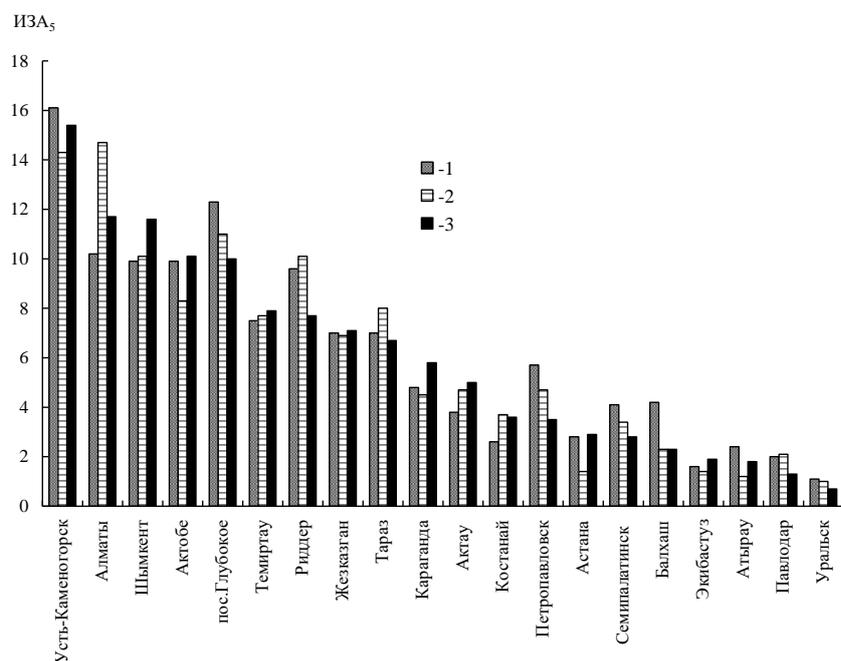


Рис. 1.1. Динамика индекса загрязнения атмосферы (ИЗА<sub>5</sub>) во 2 квартале.  
1 – 2001 г., 2 – 2002 г., 3 – 2003 г.

## 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) за-

грязняющих веществ для водоемов рыбо-хозяйственного, хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования [3, 4].

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 во **2 квартале** 2003 года (Табл.2.1), наиболее загрязненным является бассейн реки Иртыш.

Максимально загрязнены поверхностные воды реки **Брекса**, ИЗВ – 7,75 (6 класс - «очень грязные»), при превышении ПДК по меди (29,5 ПДК), цинку (3,9 ПДК) и марганцу (1,7 ПДК).

Реки **Тихая** и **Глубочанка** характеризуются как «грязные» (5 класс, соответственно ИЗВ – 4,25 и 5,14), при содержании азота нитритного (до 6,8 ПДК), меди (до 9,5 ПДК), цинка (до 11,3 ПДК) и нефтепродуктов (до 1,7 ПДК).

Качество воды рек **Ульба** и **Красноярка** относится к 4 классу - «загрязненные» (ИЗВ – 3,37 и 3,46). Наблюдались превышения ПДК: в р. Ульбе по меди (6,8 ПДК) и цинку (5,9 ПДК); в р. Красноярка по азоту нитритному (2,6 ПДК), меди (2,2 ПДК), цинку (8,9 ПДК) и марганцу (5,2 ПДК).

Состояние загрязненности рек **Бухтарма** и **Уба** соответствует 3 классу качества - «умеренно загрязненные» (ИЗВ 1,77 и 1,69). Превышения ПДК отмечались по меди (до 3,7 ПДК).

На участке г. Усть-Каменогорск - г. Семипалатинск - Павлодар индексе загрязненности воды реки **Иртыш** составляет 1,36 и 1,22, что соответствует 3-му классу - «умеренно загрязненные», при содержании в воде меди до 2,4 ПДК.

Реки **Урал**, **Чаган** и **Деркул** (Западно-Казахстанская область) отнесены к 2 классу – «чистые» (ИЗВ – 0,87...0,98). Выявлено превышение ПДК по азоту аммонийному (р. Чаган – 1,2 ПДК) и фенолам до 1,3 ПДК.

Река **Илек** в Актюбинской области относится к «загрязненным», 4 класс, ИЗВ 3,05. Содержание бора составляет – 13,2 ПДК и шестивалентного хрома – 7,9 ПДК.

Река **Тобол** (Костанайская область) по качеству воды относится к 2-му классу «чистая», ИЗВ 0,62. Превышение ПДК отмечалось по ХПК (1,2 ПДК).

Река **Ишим** (Северо-Казахстанская область) по качеству воды относится к 3-му классу, «умеренно загрязненная», ИЗВ 1,05. Превышения ПДК наблюдались по железу общему (2,7 ПДК).

Таблица 2.3  
Состояние качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям во 2 квартале 2003 года

Река (область)	ИЗВ		Вещества	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	1 кв. 2003	2 кв. 2003				
Иртыш (Восточно-Казахстанская)	1,61	1,36	Медь	0,0023	2,3	3 класс, умеренно загрязненная
Иртыш (Павлодарская)	1,36	1,22	Медь	0,0024	2,4	3 класс, умеренно загрязненная
Бухтарма (Восточно-Казахстанская)	1,66	1,77	Медь	0,0037	3,7	3 класс, умеренно загрязненная
Брекса (Восточно-Казахстанская)	12,51	7,75	Медь Цинк	0,0295 0,039	29,5 3,9	6 класс, очень грязная
Тихая (Восточно-Казахстанская)	7,97	4,25	Марганец Азот нитритный	0,017 0,056	1,7 2,8	5 класс, грязная
Ульба (Восточно-Казахстанская)	5,17	3,37	Медь Цинк Нефтепродукты	0,0095 0,086 0,06	9,5 8,6 1,2	4 класс, загрязненная
Глубочанка (Восточно-Казахстанская)	6,47	5,14	Медь Цинк Азот нитритный	0,0068 0,059 0,136	6,8 5,9 6,8	5 класс, грязная
			Медь Цинк Нефтепродукты	0,0057 0,113 0,083	5,7 11,3 1,7	

Река (область)	ИЗВ		Вещества	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	1 кв. 2003	2 кв. 2003				
Красноярка (Восточно-Казахстанская)	9,54	3,46	Азот нитригный	0,052	2,6	4 класс, загрязненная
			Медь	0,0022	2,2	
Уба (Восточно-Казахстанская)	1,34	1,69	Цинк	0,089	8,9	3 класс, умеренно загрязненная
			Марганец	0,052	5,2	
			Медь	0,003	3,0	
Урал (Западно-Казахстанская)	0,74	0,88	Фенолы	0,001	1,0	2 класс, чистая
Чаган (Западно-Казахстанская)	0,86	0,98	Азот аммонийный	0,47	1,2	2 класс, чистая
			Фенолы	0,0013	1,3	
Деркул (Западно-Казахстанская)	1,54	0,87	Фенолы	0,0013	1,3	2 класс, чистая
Илек (Актюбинская)	7,48	3,05	Бор	0,23	13,2	4 класс, загрязненная
			Хром (6+)	0,158	7,9	
Тобол (Костанайская)	0,51	0,62	ХПК	35,0	1,2	2 класс, чистая
Ишим (Северо-Казахстанская)	0,93	1,05	Железо общее	0,27	2,7	3 класс, умеренно загрязненная
вдхр. Сергеевское (Северо-Казахстанская)	0,68	0,83	Железо общее	0,16	1,6	2 класс, чистая
			Сульфаты	131	1,3	
Ишим (Акмолинская)	1,01	0,92	Нефтепродукты	0,09	1,9	2 класс, чистая
			Нефтепродукты	0,06	1,2	
вдхр. Вячеславское (Акмолинская)	0,78	0,58	Нефтепродукты	0,06	1,2	2 класс, чистая
			Сульфаты	203	2,0	
Ак-Булак (г. Астана)	0,65	0,98	Нефтепродукты	0,10	2,0	2 класс, чистая

Продолжение табл.

Река (область)	ИЗВ		Вещества	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	1 кв. 2003	2 кв. 2003				
Сары-Булак (г. Астана)	1,99	2,10	БПК <sub>5</sub>	3,7	1,9	3 класс,
			Сульфаты	318	3,2	умеренно загрязненная
Жабай (Акмолинская)	1,64	1,29	Нефтепродукты	0,24	4,8	
			Сульфаты	133	1,3	3 класс,
Нура (Акмолинская)	2,50	1,40	Нефтепродукты	0,20	4,0	умеренно загрязненная
			БПК <sub>5</sub>	3,36	1,7	3 класс,
Кона (Акмолинская)	1,85	1,47	Сульфаты	263	2,6	умеренно загрязненная
			Нефтепродукты	0,14	2,7	
Боровое (Акмолинская)	0,49	0,54	Сульфаты	251	2,5	3 класс,
			Нефтепродукты	0,23	4,6	умеренно загрязненная
Щучье (Акмолинская)	0,52	0,65	Нефтепродукты	0,06	1,2	2 класс, чистая
			Нефтепродукты	0,06	1,2	2 класс, чистая
Нура (Карагандинская)	2,86	1,80	Азот аммонийный	1,24	3,2	3 класс, умеренно
			Азот нитритный	0,039	1,9	загрязненная
вдхр. Самаркандское (Карагандинская)	2,50	1,07	Медь	0,002	2,0	
			Азот аммонийный	0,52	1,3	3 класс,
Кара-Кенгир (Карагандинская)	4,92	4,72	Цинк	0,014	1,4	умеренно загрязненная
			Нефтепродукты	0,07	1,4	
			Азот аммонийный	1,02	2,6	5 класс, грязная
			Азот нитритный	0,09	4,6	
		Медь	0,007	7,0		
		Нефтепродукты	0,63	12,6		

Река (область)	ИЗВ		Вещества	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	1 кв. 2003	2 кв. 2003				
вдхр. Кенгирское (Карагандинская)	3,59	3,68	Азот аммонийный	0,68	1,7	4 класс, загрязненная
			Медь	0,009	9,0	
Оз. Балхаш (Карагандинская)		2,41	Нефтепродукты	0,44	8,8	
			Медь	0,010	10,0	3 класс,
Или (Алматинская)	2,03	1,67	Цинк	0,017	1,7	умеренно загрязненная
			Медь	0,0035	3,5	3 класс,
Шарын (Алматинская)	1,29	2,39	Цинк	0,022	2,2	умеренно загрязненная
			Медь	0,007	7,0	3 класс,
Шилик (Алматинская)	0,95	1,82	Медь	0,005	5,0	умеренно загрязненная
			Цинк	0,030	3,0	3 класс,
Тургень (Алматинская)	4,93	1,53	Нефтепродукты	0,077	1,5	умеренно загрязненная
Текес (Алматинская)	2,90	1,78	Медь	0,0055	5,5	3 класс,
			Нефтепродукты	0,11	2,2	умеренно загрязненная
Хоргос (Алматинская)	4,68	2,23	Нефтепродукты	0,17	3,3	3 класс,
вдхр. Кашагайское (Алматинская)	3,09	1,83	Медь	0,006	6,0	умеренно загрязненная
			Нефтепродукты	0,11	2,2	3 класс,
Малая Алматинка (г. Алматы)	1,74	1,38	Азот нитритный	0,034	1,7	умеренно загрязненная
			Железо	0,27	2,7	3 класс,
			Нефтепродукты	0,085	1,7	умеренно загрязненная

Окончание табл.

Река (область)	ИЗВ		Вещества	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	1 кв. 2003	2 кв. 2003				
Есентай (г. Алматы)	1,33	1,43	Железо Фенолы Нефтепродукты	0,22 0,002 0,12	2,2 2,0 2,4	3 класс, умеренно загрязненная
Большая Алматинка (г. Алматы)	1,98	2,5	Железо Фенолы Нефтепродукты	0,39 0,003 0,30	3,9 3,0 6,0	3 класс, умеренно загрязненная
Талас (Жамбылская) Шу (Жамбылская)	0,56 1,53	0,61 3,30	БПК <sub>5</sub> Азот нитриный Медь	4,7 0,023 0,0135	2,4 1,2 13,5	2 класс, чистая 4 класс, загрязненная
Асса (Жамбылская) Сырдарья (Южно-Казахстанская)	0,73 1,76	0,74 2,32	Нефтепродукты Нефтепродукты Азот нитритный Медь Сульфаты	0,06 0,06 0,026 0,007 354	1,2 1,2 1,3 7,0 3,5	2 класс, чистая 3 класс, умеренно загрязненная

Вдхр. **Сергеевское** (Северо-Казахстанская область) характеризуется как «чистое» - 2 класс, ИЗВ 0,83. Содержание железа общего - 1,6 ПДК.

Реки **Ишим** и **Ак-Булак**, вдхр. **Вячеславское** и озёра **Боровое** и **Щучье** (Акмолинская область) по качеству воды относятся к 2-му классу «чистые», (ИЗВ –0,54...0,98). Отмечены превышения ПДК по сульфатам (до 2 ПДК) и нефтепродуктам (до 2 ПДК).

Реки **Нура**, **Сары-Булак**, **Жабай** и оз. **Копя** (Акмолинская область) характеризуется по качеству воды как «умеренно загрязненные» (3 класс, ИЗВ – 1,29...2,10) при повышенном содержании БПК<sub>5</sub> (р.р. Нура и Сары-Булак – до 2 ПДК), сульфатов (до 2,6 ПДК) и нефтепродуктов (до 4,8 ПДК).

Качество воды р. **Нура** и вдхр. **Самаркандское** (Карагандинская обл.) относится к 3-му классу «умеренно загрязненные», ИЗВ –1,80 и 1,07. Содержание загрязняющих веществ составило: в р. Нура по азоту аммонийному –3,2 ПДК, азоту нитритному – 1,9 ПДК и меди (2 ПДК); в вдхр. Самаркандское по азоту аммонийному (1,3 ПДК), цинку (1,4 ПДК) и нефтепродуктам (1,4 ПДК).

Река **Кара-Кенгир** (Карагандинская область) относится к 5 классу, «грязная», ИЗВ – 4,72 при превышении ПДК по азоту аммонийному (2,6 ПДК), азоту нитритному (4,6 ПДК), меди (7 ПДК) и нефтепродуктам (12,6 ПДК).

Воды вдхр. **Кенгирское** характеризуются как «загрязненные» – 4 класс, ИЗВ 3,68. Содержание загрязняющих веществ превышает ПДК по азоту аммонийному (1,7 ПДК), меди (9 ПДК) и нефтепродуктам (8,8 ПДК)

Качество воды оз. **Балхаш** (Карагандинская обл.) относится к 3-му классу «умеренно загрязненное», ИЗВ –2,51, при содержании меди (10 ПДК) и цинка (1,7 ПДК).

Качество воды р.р. **Или**, **Шарын**, **Шилик**, **Текес**, **Тургень**, **Хоргос** и вдхр. **Капшагайское** (Алматинская область) соответствует 3 классу, «умеренно загрязненные» (ИЗВ 1,53...2,39) при превышении ПДК по меди (до 7 ПДК), цинку (до 3 ПДК) и нефтепродуктам (до 2,2 ПДК).

Качество воды рек **Малая** и **Большая Алматинки**, **Есентай** (г. Алматы) соответствует 3 классу, «умеренно загрязненные» (ИЗВ 1,38-2,5), при повышенном содержании азота нитритного (р. М. Алматинка - 3 ПДК), меди (до 2 ПДК), нефтепродуктов (до 5,4 ПДК) и железа (до 3 ПДК).

В соответствии с ИЗВ реки **Талас** и **Асса** (Жамбылская область) определены как «чистые» (ИЗВ 0,61 и 0,74). Превышения ПДК выявлены в р. Асса по нефтепродуктам (1,2 ПДК).

Индекс загрязненности воды р. Шу (Жамбылская область) составил 3,30 (4 класс, «загрязненная»), при содержании БПК<sub>5</sub> (2,4 ПДК), меди (13,5 ПДК) и нефтепродуктов (1,2 ПДК).

Загрязненность р. Сырдарья (Южно-Казахстанская область) определяется значением ИЗВ – 2,32 (3 класс, «умеренно загрязненная»), при содержании азота нитритного (1,3 ПДК), меди (7 ПДК) и сульфатов (3,5 ПДК).

По сравнению с 1 кварталом 2003 года отмечаются следующие изменения качества поверхностных вод (Рис. 2.1).

По рекам Восточного Казахстана качество воды не изменилось в реках Иртыш, Бухтарма и Уба. По остальным рекам наблюдалось некоторое улучшение качества воды.

В Западном Казахстане качество воды улучшилось в р.р. Деркул и Илек, не изменилось для рек Урал и Чаган.

На территории Северного и Центрального Казахстана качество воды ухудшилось на один класс в р. Ишим (Северо-Казахстанская область), несколько улучшилось для рек Ишим (Акмолинская область) и Нура (Карагандинская область), и не изменилось по остальным водным объектам.

В Южном Казахстане отмечено улучшение качества воды в реках. Турген, Текес, Хоргос и вдхр. Капшагайское (Алматинская область). Для рек Шилик и Шу наблюдалось некоторое ухудшение (на один класс). Для остальных наблюдаемых водных объектов качество воды осталось на прежнем уровне.

За этот же период отмечается снижение качества воды в р. Ишим, находящейся под влиянием г. Астана (8 км ниже города). По другим наблюдаемым водным объектам, находящихся под влиянием городов и промышленных центров, качество воды не изменилось или несколько улучшилось (Табл. 2.2).

Таблица 2.2

Влияние населенных пунктов на уровень загрязненности поверхностных вод во 2 квартале 2003 года

Наименование пункта контроля	ИЗВ		Характеристика качества воды
	1 кв. 2003 г.	2 кв. 2003 г.	
р. Иртыш, г. Усть-Каменогорск	1,62	1,21	3 класс, ум. загрязн.
р. Иртыш, г. Семипалатинск	1,16	0,9	2 класс, чистая
р. Иртыш, г. Павлодар	1,35	1,07	3 класс, ум. загрязн.
р. Бухтарма, г. Зыряновск	1,66	1,59	3 класс, ум. загрязн.

Окончание табл.

Наименование пункта контроля	ИЗВ		Характеристика качества воды
	1 кв. 2003 г.	2 кв. 2003 г.	
р. Ульба, рудн. Тишинский	7,28	3,65	4 класс, загрязненная
р. Ульба, г. Усть-Каменогорск	2,86	2,28	3 класс, ум. загрязн.
р. Тихая, г. Риддер	7,97	4,21	5 класс, грязная
р. Брекса, г. Риддер	12,51	7,52	6 класс, очень грязная
р. Глубочанка, с. Белоусовка	9,03	5,75	5 класс, грязная
р. Глубочанка, с. Глубокое	6,42	4,34	5 класс, грязная
р. Красноярка, с. Предгорное	9,54	3,37	4 класс, загрязненная
р. Уба, г. Шемонаиха	1,34	1,6	3 класс, ум. загрязн.
р. Урал, г. Уральск	0,74	0,74	2 класс, чистая
р. Чаган, г. Уральск	0,86	0,65	2 класс, чистая
р. Деркул, п. Селекционный	1,54	0,87	2 класс, чистая
р. Илек, г. Алга	10,76	3,27	4 класс, загрязненная
р. Илек, г. Актюбинск	4,54	2,75	4 класс, загрязненная
р.Ишим, г. Петропавловск	0,85	0,93	2 класс, чистая
р. Ишим, с. Долматово	1,28	1,39	3 класс, ум. загрязн.
р. Ишим, г. Астана	1,04	1,04	3 класс, ум. загрязн.
<i>8 км ниже города</i>	0,96	1,09	3 класс, ум. загрязн.
р. Ак-Булак, г. Астана	0,65	0,98	2 класс, чистая
р. Сары-Булак, г. Астана	2,00	2,09	3 класс, ум. загрязн.
р. Жабай, г. Атбасар	1,64	1,38	3 класс, ум. загрязн.
р. Нура, г. Темиртау	2,70	1,92	3 класс, ум. загрязн.
р. Кара-Кенгир, г. Жезказган	6,28	5,37	5 класс, грязная
оз. Балхаш, бухта Бертыс	-	3,44	4 класс, загрязненная
р. Талас, г. Тараз	0,62	0,76	2 класс, чистая
р. Тобол, г. Костанай	0,51	0,62	2 класс, чистая
р. Мал.Алматинка, г. Алматы	1,74	1,38	3 класс, ум. загрязн.
р. Есентай, г. Алматы	1,28	1,43	3 класс, ум. загрязн.
р. Бол.Алматинка, г. Алматы	1,61	2,5	3 класс, ум. загрязн.
р. Бадам, г. Шымкент	1,77	2,04	3 класс, ум. загрязн.
Шардаринское вдхр.	1,95	1,79	3 класс, ум. загрязн.

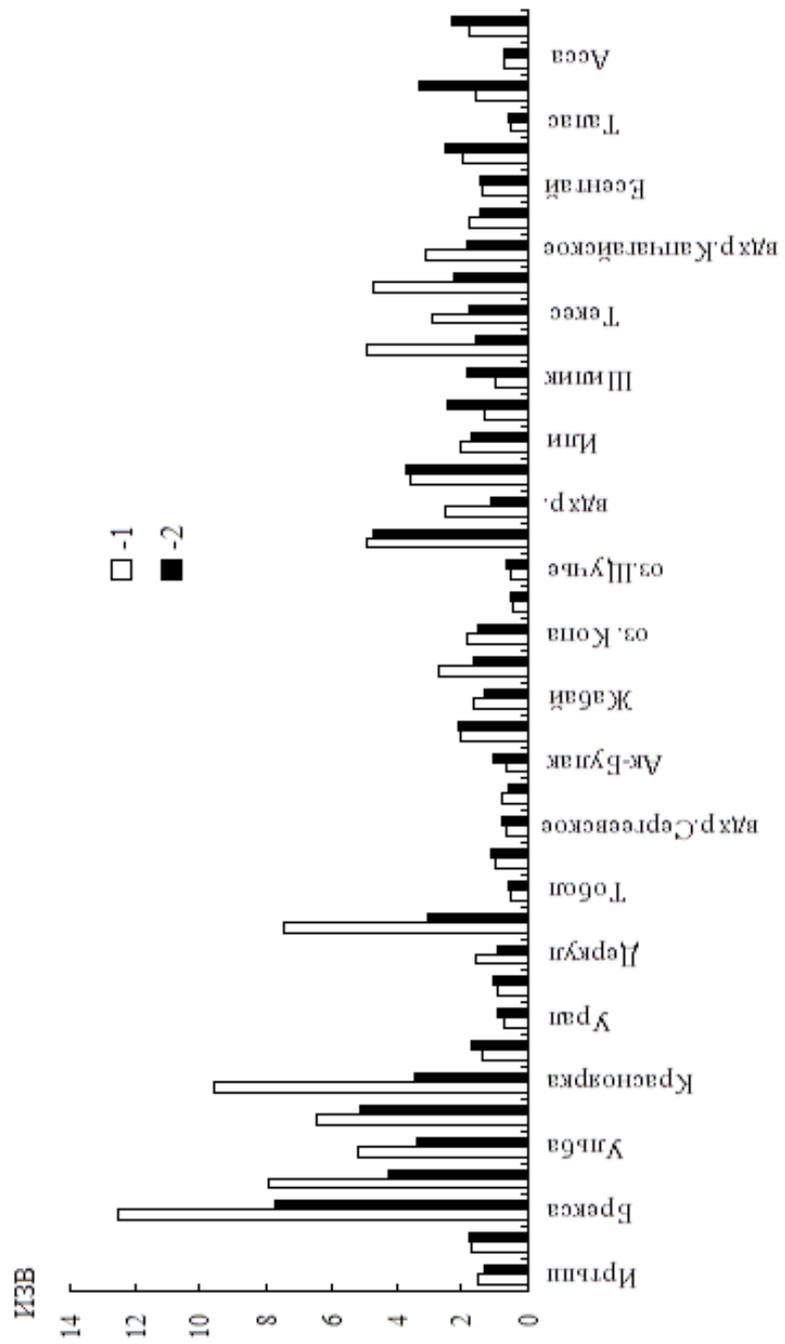


Рис. 2.1. Динамика индекса загрязнения воды. 1 – I кв. 2003 г., 2 – II кв. 2003 г.

## 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. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. Госком по гидрометеорологии. М., 1988. 10 с.
4. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. Роскомрыболовство, 1993 г.
5. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Госком по гидрометеорологии. М.: Минздрав, 1991. – С.383-425.
6. СанПиН 2.1.4.559-96. РК 3.01.067.97. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996. – 111 с.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

Центр мониторинга загрязнения природной среды

### **ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҚОРШАҒАН ОРТАСЫНЫҢ 2003 ЖЫЛДЫҢ 2-ТОҚСАНЫНДАҒЫ ЛАСТАНУ ЖАҒДАЙЫ**

Геогр. ғылымд. канд.                      М.Ж. Бурлибаев  
Геол.-мин. ғылымд. канд.                Е.Ж. Муртазин

*Қоршаған ортаның ластануы туралы ақпарат «Қазгидромет» РМК ұлттық гидрометеорологиялық қызметтің бақылау орындарында қоршаған ортаның экологиялық мониторингін жүргізу жөніндегі арнаулы бөлімшелерінің негізінде дайындалды.*

## УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Редакционная коллегия журнала "ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ" (регистрационное свидетельство N 1538) приглашает Вас к сотрудничеству. Журнал выходит 4 раза в год. Мы рады сообщить Вам, что по решению ВАК РК статьи, опубликованные в нашем журнале, принимаются при защите докторских и кандидатских диссертаций. Статьи должны соответствовать гидрометеорологическому и экологическому профилю.

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСИ, СДАВАЕМОЙ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА "ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ"**

В комплект рукописи, присылаемой автором, должны входить: основной текст статьи, не превышающий 12,5 страниц текста, включая таблицы, рисунки и список литературы (формат указан ниже), аннотация на русском и казахском языках, не более 10 строк, дающая ясное представление о содержании статьи; на английском языке дается название статьи, Ф.И.О. авторов; список литературы в алфавитном порядке авторов на русском далее на иностранном языке (составляется согласно ГОСТу 7.1-84). Число рисунков не более трех на одну статью. Перед заголовком статьи следует указать расширенный индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК). Помимо машинописного варианта статьи обязательно предоставляется ее дубликат, записанный на дискете.

#### **Оформление рукописи:**

Весь текст рукописи, включая таблицы, печатается на ПК на одной стороне стандартного листа плотной бумаги белого цвета, интервал - 1,2. **Параметры поля страницы:** верхнее 20 мм, нижнее 75 мм, левое 75 мм, правое 10 мм. Красная строка 12,5 мм, режим набора Microsoft Word, шрифт Times New Roman (стиль нормальный), размер шрифта 11. Заголовок статьи из прописных букв, шрифт полужирный.

Реферат помещается перед основным текстом статьи, после заголовка и списка авторов (представленного в столбик с указанием ученой степени), набирается курсивом, отступы по 5 мм слева и справа.

#### **См. примеры**

УДК 551.461.25 (465.75)

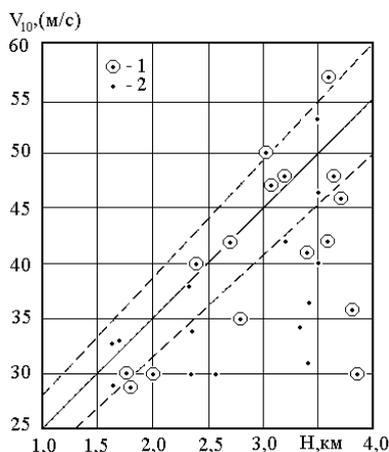
**О ВЛИЯНИИ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА  
НА УРОВЕНЬ КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов

Канд. техн. наук В.И. Ли

Канд. геогр. наук В.П. Попова

**Рисунки** готовятся с соблюдением ГОСТа в режиме Paint (Rainbrush), графики, диаграммы, гистограммы - в режиме Microsoft Excel, и вставляются в текст. Подпись рисунка помещается под ним и набирается курсивом (см. пример). Целые цифры от дробной части числа отделяются не точкой, а запятой. Расшифровка обозначений в строку после подписи. На поле рисунка надписи не допускаются, кроме индексов или цифр обозначений. Размер цифр и букв на рисунке такой же, как и в тексте, индексов - не меньше 1,5 мм.



*Рис.2. График высотной зависимости максимальных скоростей ветра, вероятных 1 раз в 10 лет для передовых хребтов Тянь-Шаня с высотами гребневой линии 3-4 км:*

*1 – основной экспедиционный пункт, радиорелейная станция, автоматическая радиометеорологическая станция; 2 – пункты микросъемки*

**Таблицы** оформляются без дополнительной разграфки поля таблицы, разграфляется только "шапка" и внешний контур таблицы. Номер таблицы и смысловое название - над таблицей, примечание - под ней (с соблюдением ГОСТа) (см. пример).

Матрица коэффициентов парной корреляции

	$x$	$l_{ст}$	$\lambda$	$\varphi$	$\Delta H$
$x$	1	- 0,62	0,50	- 0,48	- 0,48
$l_{ст}$		1	- 0,27	0,24	0,32
$\Delta H$					1

Примечание. Все показатели нормированы.

Единицы физических величин приводятся в Международной системе СИ (ГОСТ 8.417-81), либо дается перевод приведенных единиц в систему СИ.

Названия организаций, учреждений, географические названия и т.п. даются в последней редакции. К историческим названиям в скобках приводятся современные.

**Математические, химические обозначения и формулы** набирать в режиме Microsoft Equation. В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные ГОСТом. Номера формул указываются у правого края страницы в круглых скобках. Ссылки в тексте на порядковый номер формулы также дают в круглых скобках. Рекомендуется перевод формул на однострочный набор, если это не затруднит их восприятие читателем (см. пример).

$$\Delta z = W / \omega(z) + W_g / \omega(z) + P - W_{кбг} / \omega(z) - E . \quad (1)$$

В тексте обязательно приводится расшифровка всех параметров и аббревиатур. Все сокращения выполняются в соответствии с ГОСТом и словарем сокращений.

**РУКОПИСИ, ОФОРМЛЕННЫЕ НЕ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К ПУБЛИКАЦИИ НЕ ПРИНИМАЮТСЯ И АВТОРАМ НЕ ВОЗВРАЩАЮТСЯ!!!**

На отдельном листе в редакцию высылаются сведения об авторе (авторах) с указанием фамилии, имени, отчества (полностью), домашнего и служебного адресов и телефонов, точного названия учреждения, в котором была выполнена работа, ученой степени и ученого звания автора.

Редакция сохраняет за собой право отклонять рукописи и делать необходимые редакционные исправления, дополнения и сокращения в принятых рукописях. Статья может быть возвращена автору на доработку. В отдельных случаях по просьбе редакции предоставляются рецензии на статью.