

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Т.К. Кудеков, канд. геол.-мин. наук

## ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

### *Ответственный секретарь*

Т.П. Строева

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

## ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

### № 2 (37)

©

Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство № 1538

Министерства печати РК.

Подписной индекс 75855.

---

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

---

Подписано в печать

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

Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

Цена договорная.

---

Общественное объединение «Школа XXI века».

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

<b>У.М. Султангазин, А.Х. Ахмеджанов, Т.К. Караданов</b> Алгоритм расчета интенсивности солнечного излучения при условии многократного рассеяния на основе спутниковых данных. . . . .	7
<b>О.Е. Семенов</b> Вертикальный поток массы аэрозоля при песчано-солевых бурях на осушенной части дна Аральского моря. . . . .	20
<b>И.Ф. Калямова</b> Сравнительный анализ долгосрочного прогноза температуры воздуха моделью Т80. . . . .	29
<b>В.Е. Валуев, А.А. Волчек, О.П. Мешик</b> Исследование синхронности колебаний атмосферных осадков и их математическое моделирование (на примере Беларуси). . . . .	42
<b>А.В. Чередниченко</b> О грозовой активности на территории города Алматы. . . . .	51
<b>А.С. Кудайбергенова, А.В. Манузина, А.В. Чередниченко</b> Распределение облачности и гроз в зоне действия алматинского метеорологического радиолокатора. . . . .	62
<b>Л.В. Лебедь, Б.С. Степанов, Р.С. Дорайсвами</b> Физические закономерности в динамике атмосферных процессов и долгосрочные агрометеорологические прогнозы (на примере яровой пшеницы в Северном Казахстане) (статья на англ. языке). . . . .	72
<b>Л.А. Ерисковская</b> Метеорологическая обусловленность колебаний границы питания на леднике Туяксу. . . . .	79
<b>Т.К. Кудеков, Л.Н. Никифорова, В.И. Ли, В.П. Попова</b> Анализ гидрологической ситуации, сложившейся в бассейне реки Сырдарья, и предложения по ее нормализации. . . . .	89
<b>М.Ж. Бурлибаев</b> Проблемы оценки качества вод трансграничных рек и принципы экологического нормирования стока. . . . .	101
<b>А.У. Ортбаева</b> Оценка изменения водного режима р. Есиль. . . . .	120
<b>Е.А. Таланов</b> Оценка допустимых размеров ущерба от селей различной мощности на региональном уровне. . . . .	127

<b>М.М. Бураков, Д.А. Касымбеков, В.В. Недюжин, А.В. Набока</b> Оценка параметров слоистой толщи по результатам комплексного опытно-фильтрационного и опытно-миграционного опробывания. . . . .	139
<b>М.М. Бураков</b> Об оценке достоверности фильтрационных и емкостных параметров, полученных по данным прослеживания восстановления уровня подземных вод. . . . .	153
<b>М.Ж. Бурлибаев, Б.К. Есекин</b> О нормативно-правовых вопросах качества вод и экологические требования к водопользованию в Центральной Азии. . . . .	171
<b>Ж.С. Мустафаев, А.Д. Рябцев, А.А. Сагаев, Г. Султанова, Г.А. Адильбектеги, К.Ж. Мустафаев</b> Обоснование и выбор системы математических моделей расчетного мониторинга природно-технической системы. . . . .	189
<b>Л.М. Павличенко, Е.А. Таланов, Ж.Д. Достай, А.В. Чигаркин</b> Ранжирование областей Казахстана по интенсивности опустыни- вания методом построения целевой функции. . . . .	201
<b>Г.А. Айдосов, Ж.А. Айдосова</b> Исследование развития нефтегазового сектора Республики Казахстан. . .	213
<b>С. Тәуіпбаев</b> Арал-Сырдария аймағын экологиялық тұрақтандыру тәсілдері. . .	222
<b>ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ</b>	
<b>Е.Ж. Муртазин, Н.У. Бултеков</b> О состоянии загрязнения окружающей среды Республики Казах- стан в 1-ом квартале 2005 года. . . . .	231
<b>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ</b>	
<b>С.П. Шиварева, С.А. Долгих</b> Деятельность научно-производственного гидрометеорологическо- го центра РГП «Казгидромет», направленная на выполнение ста- тьи 31 Конституции Республики Казахстан. . . . .	257
<b>ХРОНИКА</b>	
К 100-летию У.У. Успанова. . . . .	264
К 75-летию В.В. Голубцова. . . . .	272
К 50-летию Л.Н. Никифоровой. . . . .	275

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

<b>U.M. Sultangazin, A.KH. Ahmedzhanov, T.K. Karadanov</b> Computing algorithm of the solar emission intensity under multiple scattering condition on the satellite data basis. . . . .	7
<b>O.E. Semenov</b> Vertical flux of the aerosol mass in the time of sandy-salt storms at a drained part of the Aral Sea bottom. . . . .	20
<b>I.F. Kalyamova</b> The comparative analysis of the air temperature wind long-term forecast by T80 model. . . . .	29
<b>V.E. Valuyev, A.A. Volchek, O.P. Meshik</b> Research of a synchronism of the atmospheric precipitation fluctuations and their mathematical modelling (by the example of the Belarus). . . . .	42
<b>A.V. CHerednichenko</b> About thunderstorm activity in the Almaty city territory. . . . .	51
<b>A.S. Kudajbergenova, A.V. Manuzina, A.V. CHerednichenko</b> Distribution of nebulosity and thunderstorms in the Almaty meteorological radar coverage. . . . .	62
<b>L.V. Lebed, B.S. Stepanov, P.C. Doraiswamy</b> Physical patterns in dynamics of atmospheric processes and long-term agrometeorological forecasts by the example of spring wheat in Northern Kazakhstan. . . . .	72
<b>L.A. Eriskovskaya</b> Meteorological causation of the equilibrium line fluctuations on the Tujuksu glacier. . . . .	79
<b>T.K. Kudakov, L.N. Nikiforova, V.I. Lee, V.P. Popova</b> Analysis of the preconceived hydrological situation in the Syrdaria River basin; the suggestions for its normalization. . . . .	89
<b>M.ZH. Burlibayev</b> The problems of the transboundary rivers water quality estimation and principles of a runoff ecological regulation. . . . .	101
<b>A.U. Ortbayeva</b> Change assessment of the Esil' River water regime. . . . .	120
<b>E.A. Talanov</b> Assessment of acceptable extents of damage from the mudflows of various capacity on regional level. . . . .	127

<b>M.M. Burakov, D.A. Kasymbekov, V.V. Nedyuzhin, A.V. Naboka</b> Estimation of parameters of a laminate strata by results of complex skilled-filtrational and skilled-migratory testing. . . . .	139
<b>M.M. Burakov</b> About reliability estimation of the filtration and capacitance parameters received by tracing data of a groundwater level restoration. . . . .	153
<b>M.ZH. Burlibayev, B.K. Esekin</b> About the normative-legal questions of water quality and the ecological requirements to water management in the Central Asia. . . .	171
<b>ZH.S. Mustafayev, A.D. Ryabtsev, A.A. Sagayev, G. Sultanova, G.A. Adil'bektegy, K.ZH. Mustafayev</b> Basis and selection of the mathematical models' system of design monitoring for natural-technical system. . . . .	189
<b>L.M. Pavlichenko, E.A. Talanov, ZH.D. Dostaj, A.V. Chigarkin</b> Ranging of the Kazakhstan's areas in desertification intensity by objec- tive function -building technique. . . . .	201
<b>G.A. Aidosov, ZH.A. Aidosova</b> Progress study of the Republic of Kazakhstan oil-and-gas sector . . .	213
<b>S. Tauypbayev</b> Ecological stabilization techniques of the Aral-Syr-Darya Region. . . . .	222
<b>REVIEWS AND CONSULTATIONS</b>	
<b>E.ZH. Murtazin, N.U. Bultekov</b> About state of the Republic of Kazakhstan environment pollution in the first quarter 2005 year. . . . .	231
<b>BRIEF REPORTS</b>	
<b>S.P. Shivareva, S.A. Dolgikh</b> Activity of the Scientific and Production Hydrometeorological Center under «KAZHYDROMET» to fulfill the Article 31 of the Constitution of the Republic of Kazakhstan. . . . .	257
<b>CHRONICLE</b>	
To U.U. Uspanov's 100-anniversary. . . . .	264
To V.V. Golubtsov's 75-anniversary. . . . .	272
To L.N. Nikiforova's 50-anniversary. . . . .	275

УДК 528.88(15), 528.85/.87(15)

**АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ СОЛНЕЧНОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ УСЛОВИИ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ  
НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ**Академик НАН РК  
Канд. геогр. наукУ.М. Султангазин  
А.Х. Ахмеджанов  
Т.К. Караданов

*В процессе переноса излучения помимо прямой солнечной радиации, в атмосфере имеется также и рассеянная солнечная радиация, распространяющаяся во всех возможных направлениях. В данной работе представлен алгоритм расчета интенсивности многократного рассеяния излучения на основе спутниковых данных.*

Широкое применение современной аэрокосмической технологии в дистанционном зондировании земной поверхности предъявляет всё новые требования к теоретическому описанию переноса излучения земной поверхности до датчиков на платформах спутников. Теоретические основы решения задачи по определению альbedo земной поверхности с учетом многократного рассеяния излучения были описаны в [1-8]. В дистанционном зондировании остается важной задачей определение альbedo земной поверхности, характеризующей ее отражательную способность. Изображение на космоснимках позволяют различать основные типы подстилающей поверхности по их отражательным свойствам. Наиболее характерными являются: пустынные районы  $A = 25...30\%$ ; водная поверхность  $A = 2...7\%$ ; снежная поверхность  $A = 50...70\%$  и т.д. Земная поверхность в зависимости от типа ландшафта отображается на космоснимках различными полутонами, создающими определенный, присущий данному ландшафту рисунок. Для более тонкого анализа космоснимков необходимо определить зависимость между фиксируемым на спутнике значением излучения и отражательной способностью земной поверхности.

Спектральные области, в которых сосредоточена коротковолновая и длинноволновая солнечная радиация, практически не перекрываются, следовательно перенос коротковолновой и длинноволновой радиации можно рассматривать отдельно. При таком подходе уравнение переноса излучения в атмосфере можно упростить. Для длинноволновой радиации

пренебрежимо мало рассеяние, тогда как в коротковолновой области мало собственное излучение земли, облаков и атмосферы. В видимой области спектра, где существенно значение рассеяния излучения, можно пренебречь поглощением. Для упрощения самой задачи можно пренебречь и многократным рассеиванием. В настоящей работе описана численная реализация восстановления альbedo земной поверхности по данным космического зондирования.

Задача переноса излучения в плоско-параллельной постановке, если поверхность отражения излучения запишется в виде

$$\mu \frac{\partial I}{\partial z} + \sigma(z)I = SI + \sigma_s(z)g(\gamma_0)\pi E_\lambda e^{-\frac{\tau(z)}{\mu_0}}, \quad (1)$$

$$I(0, \mu, \varphi) = 0, \mu > 0 \quad (2)$$

$$I(h, \mu, \varphi) = \frac{q(\mu, \varphi)}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 \mu' I d\mu' d\varphi' + \frac{q(\mu, \varphi)}{\pi} E_\lambda \mu_0 e^{-\frac{\tau(h)}{\mu_0}}, \mu < 0, \quad (3)$$

$$SI = \frac{\sigma_s}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 g(\gamma) I(z, \varphi', \mu') d\varphi' d\mu',$$

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;  $g(\gamma)$  – индикатриса рассеяния;  $\gamma$  – угол рассеяния;  $q(\mu, \varphi)$  – альbedo ортотропной земной поверхности;  $\mu_0, \varphi_0$  – направление распространения солнечного излучения;  $\sigma_s$  – коэффициент рассеяния излучения;  $\tau_\lambda$  – оптическая толщина атмосферы;  $\sigma = \sigma_s + \sigma_n$ ,  $\sigma_n$  – коэффициент поглощения излучения;  $z, \varphi, \theta$  – сферическая система координат.

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

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

Задача разделена на две части. Первая будет иметь вид:

$$\mu \frac{\partial I^{(0)}}{\partial z} + \sigma I^{(0)} = \frac{\sigma_s}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 g(\mu, \mu', \varphi, \varphi') I(z, \mu', \varphi') d\mu' d\varphi' + \pi \sigma_s g(\mu, \varphi) E_\pi e^{-\frac{\tau}{\mu}} \quad (4)$$

с граничными условиями

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \Phi|_{z=H} = & \frac{q}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 \Phi(H, \mu', \varphi') \mu' d\mu' d\varphi' + \\ & + qg(\mu_0, \varphi_0) E_\pi e^{-\frac{\tau_0}{\mu}} + \frac{q}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 I^{(0)}(H, \mu', \varphi') \mu' d\mu' d\varphi' \end{aligned}, \quad \mu < 0 \quad (9)$$

Если функцию  $\Phi(z, \mu, \varphi)$  представить в виде следующего выражения с допущением, что  $\mu = \mu_0, \varphi = \varphi_0$

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

Тогда задача (8)-(9) переписывается в виде второй задачи:

$$\mu \frac{\partial \psi}{\partial z} + \sigma \psi = \frac{\sigma_s}{4\pi} \left[ \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 g(\mu, \mu', \varphi, \varphi') \psi(z, \mu', \varphi') d\mu' d\varphi' \right] \quad (11)$$

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

$$\psi(0, \mu, \varphi) = 1, \text{ при } \mu < 0 \quad (13)$$

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

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

где

$$A = \frac{q}{\pi} \frac{g(\mu_0, \varphi_0) E_\pi e^{-\frac{\tau(h)}{\mu_0}} + \int_0^{2\pi} \int_0^1 I^{(0)}(H, \mu', \varphi') \mu' d\mu' d\varphi'}{1 - \frac{q}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 \psi(H, \mu', \varphi') \mu' d\mu' d\varphi'}$$

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

$$q = \frac{\pi(I - I^{(0)})}{\psi(g(\mu_0, \varphi_0) E_\pi e^{-\frac{\tau(h)}{\mu_0}} + \int_0^{2\pi} \int_0^1 I^{(0)} \mu d\mu d\varphi) + (I - I^{(0)}) \int_0^{2\pi} \int_0^1 \psi \mu d\mu d\varphi}. \quad (15)$$

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).

Для решения этих задач необходимо определить значения параметров, обуславливающих изучаемый процесс. Среди всех параметров задачи важное значение имеет выбор параметра  $E_\lambda$ , потока солнечной радиации, поступающего на верхнюю границу атмосферы. В [1] дана таблица со значениями монохроматического потока солнечной радиации  $E_\lambda$  (вт/см<sup>2</sup>мкм) на верхней границе атмосферы при значении солнечной постоянной  $I_0 = 1,353$  квт/м<sup>2</sup> при длинах волн от 0,18 до 20 мкм. При заданной длине 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 функцией по высоте. Это проявляется в решении задач переноса излучения. В задаче переноса исходящего излучения оптическая толщина растет от верхней границы, а для переноса восходящего излучения – от земной поверхности.

В общем виде индикатриса рассеяния является функцией угла рассеяния  $\theta$ :  $g = g(\cos \gamma)$ , где  $\gamma$  – угол рассеяния. Полный коэффициент рассеяния является суммой коэффициентов молекулярного (релеевского)  $i_\lambda$  и аэрозольного рассеяния. До высоты 3000 м рассеяние солнечной радиации обусловлено, в основном, аэрозолем, и только выше этой высоты молекулярная составляющая становится более 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:

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

где  $\theta_0$  – зенитное расстояние Солнца. На практике достаточно трудно отличить друг от друга эти составляющие. 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 [1] дается таблица значений коэффициентов рассеяния в зависимости от высоты.

В удовлетворительном согласии с данными натуральных экспериментов эти коэффициенты описываются функциями вида  $i_{\lambda}(z) = \frac{q}{\lambda^4} \exp(-az)$ ,  $j_{\lambda}(z) = \frac{b}{\lambda^{\beta}} \exp(-bz)$ , где  $a$ ,  $b$ ,  $\beta$  – 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, обусловленное 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:

$$\tau_{\lambda} = \int_0^z \rho \sigma dt,$$

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. Интеграл для величины оптической толщины атмосферы представим в виде некоторого ряда

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

Полагая, что оптическая толщина по высоте зависит только от плотности воздуха, можно предположить коэффициент ослабления постоянным, тогда будем иметь

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

По экспериментальным данным значение оптической толщины изменяется в пределах от 0,257 до 0,397 при среднем значении 0,350. В

эксперименте определяется общее значение оптической толщины. Для решения поставленной задачи важно изменение значения оптической толщины при нисходящем и восходящем потоке. При нисходящем потоке оптическая толщина нарастает от верхней границы до земной поверхности, тогда как при восходящем от земной поверхности до верхней границы атмосферы.

Профили параметров, применяемые в решении поставленной задачи представлены на рис. 1, 2.

Рассмотрим численное решение задачи (4)...(6). Уравнение (1) представим в виде конечно-разностной схемы с направленными разностями, а двойной интеграл в правой части уравнения в виде двойного ряда с использованием метода трапеций для вычисления определенных интегралов.

$$\mu \frac{I_{i,j,k} - I_{i,j,k-1}}{h} + \sigma I_{i,j,k} = \frac{\sigma_S}{2\pi} F I_{i,j,k} + F_{i,j,k}, \quad \mu > 0 \quad (16)$$

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

где  $h$  – шаг расчетной сетки по  $z$ ,

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

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

$$F I_{i,j,k} = \sum_{m=1}^M g_{i,j,l,m} I_{l,m,k} + \sum_{m=1}^M g_{i,j,N,m} T_{N,m,k} + \\ + 2 \sum_{n=2}^{N-1} g_{i,j,n,l} T_{n,l,k} + 2 \sum_{n=2}^{N-1} g_{i,j,n,M} T_{i,j,n,M} + 4 \sum_{m=2}^{M-1} \sum_{n=2}^{N-1} g_{i,j,n,m} T_{i,j,n,m}$$

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

$$I_{i,j,k}^{n+1} = (\mu I_{i,j,k-1}^{n+1} + h \frac{\sigma_S}{2\pi} F I_{i,j,k} + F_{i,j,k} h) / (\mu + \sigma h), \quad \mu > 0 \quad (18)$$

$$I_{i,j,k}^{n+1} = (-\mu I_{i,j,k+1}^{n+1} + \frac{\sigma_S}{2\pi} h F I_{i,j,k} + F_{i,j,k} h) / (\sigma h - \mu), \quad \mu < 0 \quad (19)$$

В  $F I_{i,j,k}$  входит определяемая функция  $I_{i,j,k}^n$ . В первом приближении  $I_{i,j,k}^{(1)} = 0$ .

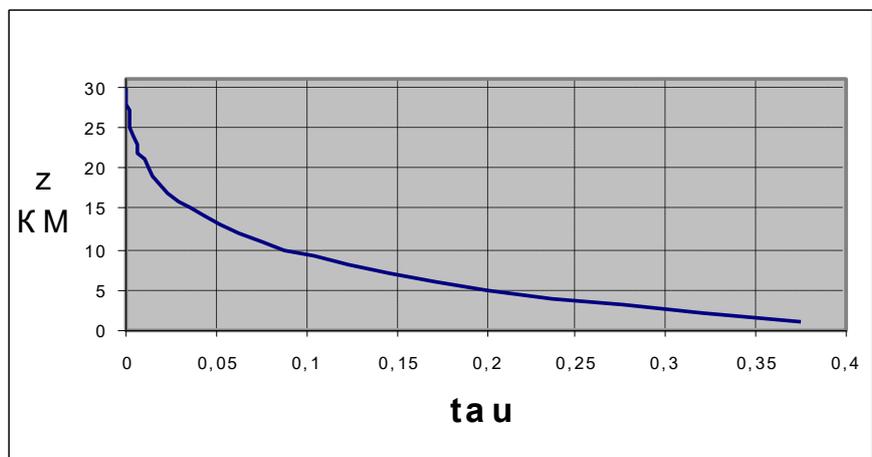
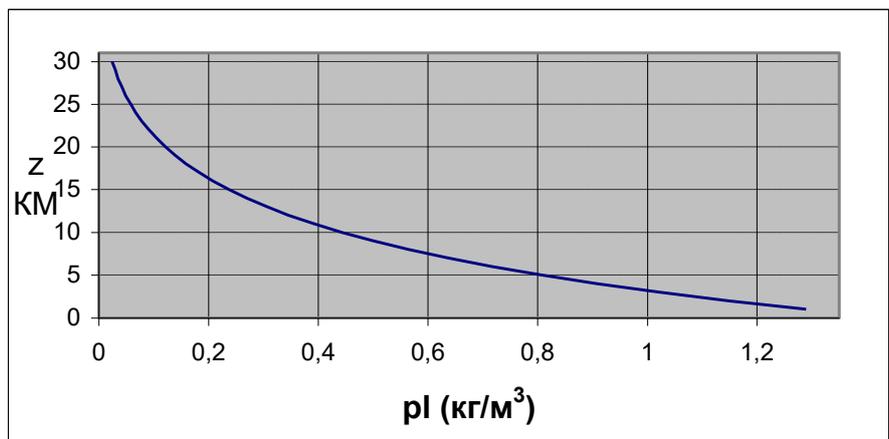
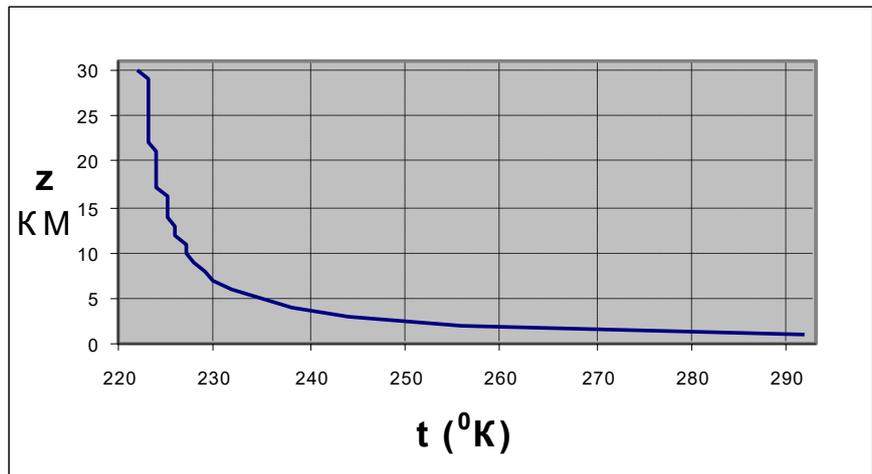


Рис. 1. Профили характеристик атмосферы.  $t$  – температура,  $\rho_l$  – плотность атмосферы,  $\tau$  – оптическая толщина атмосферы.

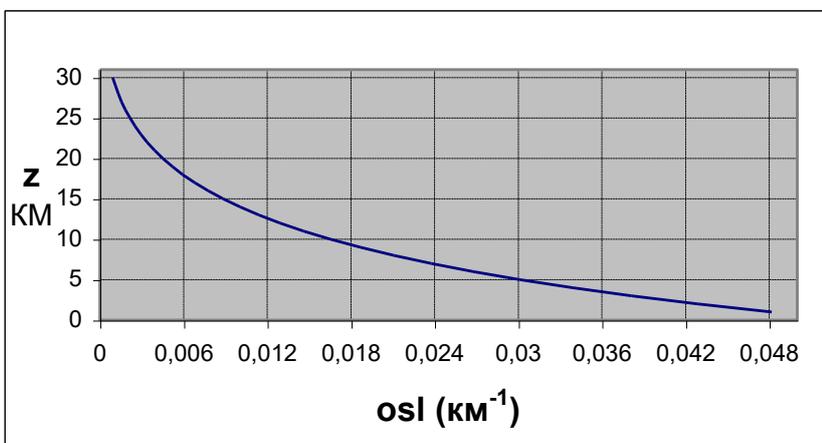
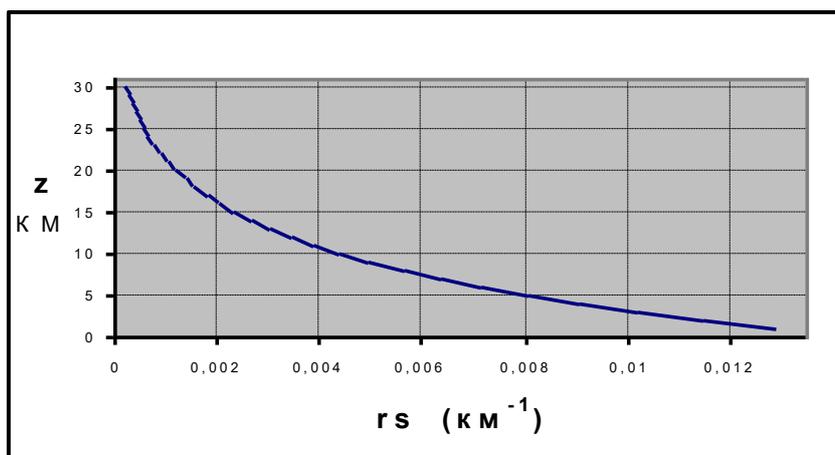
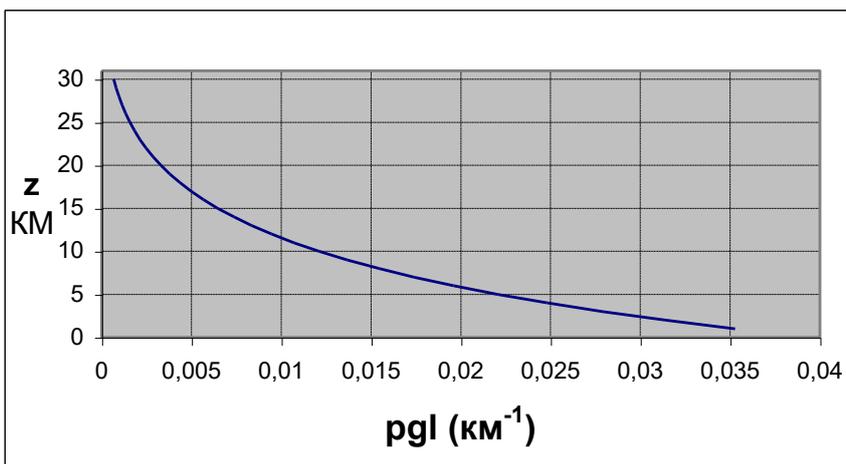


Рис. 2. Профили характеристик атмосферы.  $\rho_l$ ,  $r_s$ ,  $osl$  – коэффициенты поглощения, рассеяния и ослабления.

Вторую задачу (11)...(13) в конечных разностях можно переписать в аналогичном виде, как в задаче (1)...(9) и итерационный алгоритм запишется в виде:

$$\psi_{i,j,k}^{(n+1)} = (\mu \psi_{i,j,k-1}^{(n+1)} + \frac{\sigma_s h}{2\pi} F I_{i,j,k}) / (\mu + \sigma h), \quad \mu > 0 \quad (20)$$

$$\psi_{i,j,k}^{(n+1)} = (-\mu \psi_{i,j,k+1}^{(n+1)} + \frac{\sigma_s h}{2\pi} F I_{i,j,k}) / (\sigma h - \mu), \quad \mu < 0 \quad (21)$$

В первой части при  $\mu > 0$  задача решается с граничными условиями (12). Определение  $\psi_{i,j,k}$  для  $z = H$  при  $\mu > 0$  сформирует граничные условия для второй части этой задачи при  $\mu < 0$ . Значение функции  $\psi(H, \mu, \varphi)$  в граничном условии (13) позволяет решить эту часть задачи по той же схеме, что и во второй части первой задачи.

На рис. 3 представлены графики вертикальных профилей нисходящего излучения при многократном рассеянии. Диапазон изменений значений интенсивности излучения от 0,005 до 0,12. Наблюдаемый разброс значительно больше, чем при однократном рассеянии излучения. На рис. 4 представлены вертикальные профили восходящего излучения  $I$  (вт/см<sup>2</sup>мкм) при разных азимутах  $\varphi = (i - 1) \cdot \pi/4$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ). Наблюдаемое на графике отклонение сильно зависит от значений азимута  $\varphi$ . При  $\varphi = 0$  и  $\varphi = 2\pi$  отклонения минимальны, при  $\varphi = 4\pi/9$  до  $16\pi/9$  максимальны. На рис. 5 построены графики распределений значений интенсивности излучения, являющиеся решением первой задачи с двумя частями  $\mu < 0$  и  $\mu > 0$  интенсивности излучения, построенные по результатам решения задачи (1)...(3).

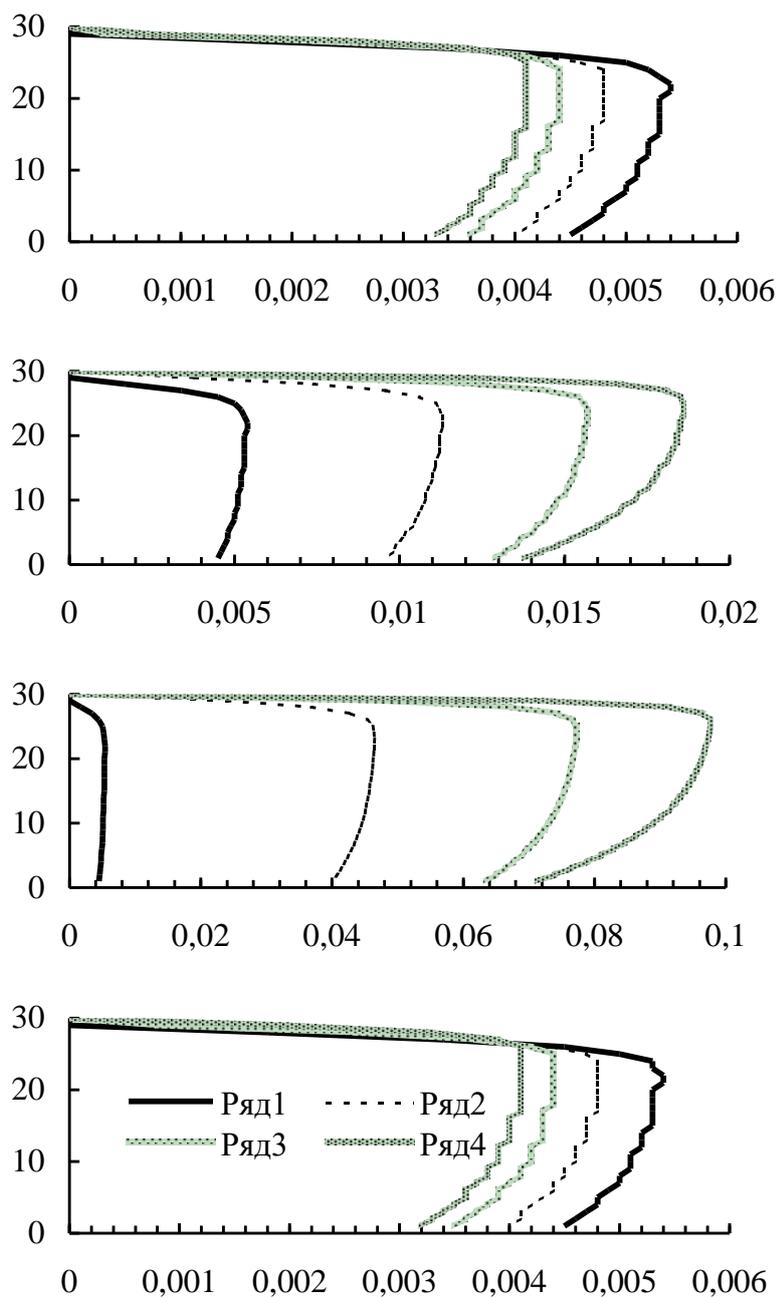


Рис. 3. Вертикальные профили по  $z$  (км) нисходящего излучения  $I$  ( $\text{вт}/\text{см}^2\text{мкм}$ ) при многократном рассеянии при разных азимутах.  $\varphi = (i-1)\pi/3$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ). Ряды 1...4 соответствуют разным углам визирования  $\mu = +0,8; +0,6; +0,4; +0,2$ .

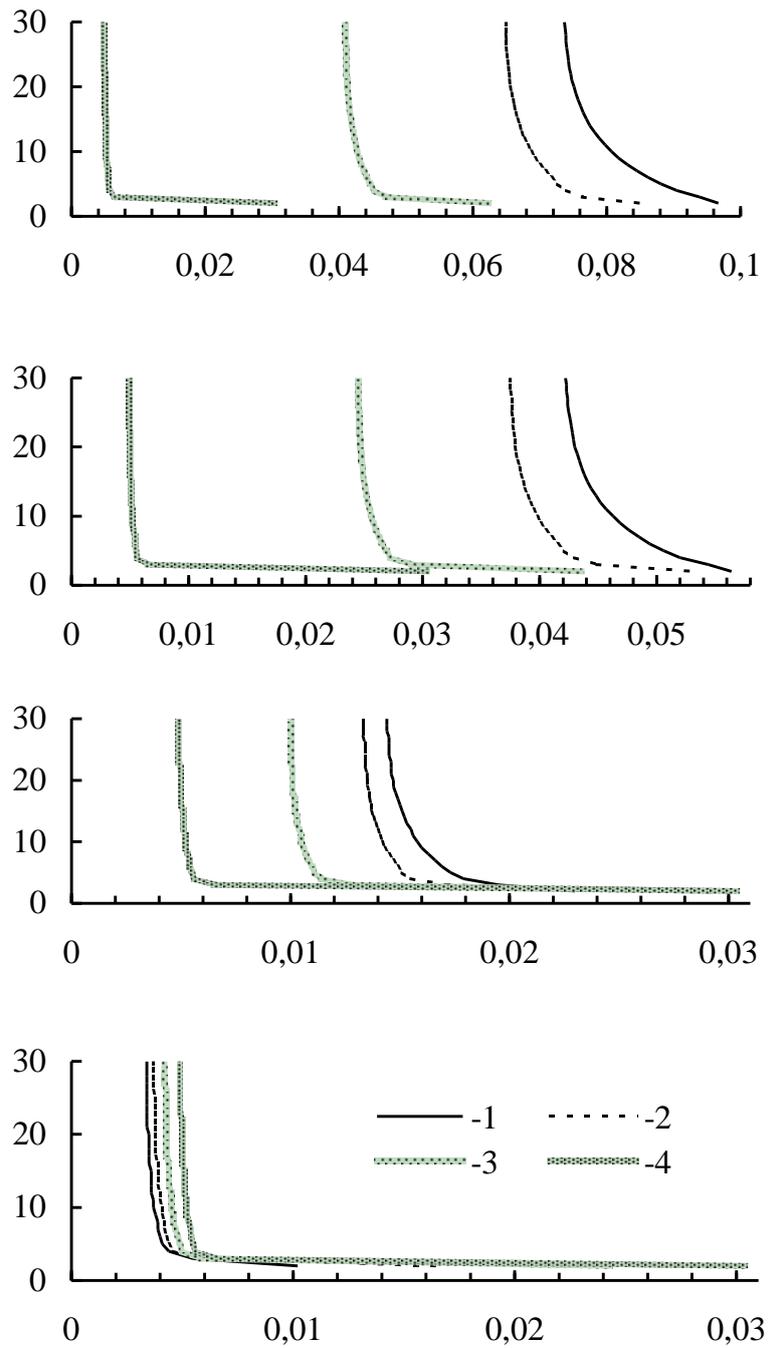
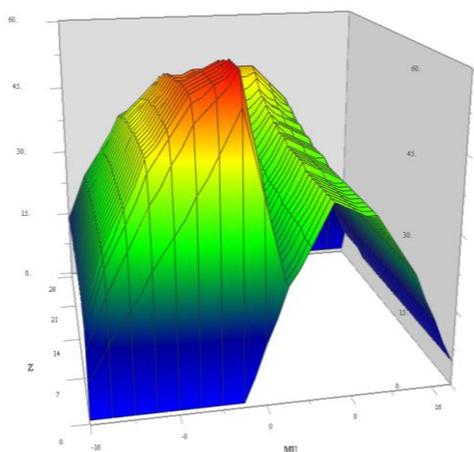


Рис. 4. Вертикальные профили восходящего излучения  $I$  (вт/см<sup>2</sup>мкм) при разных азимутах  $\varphi = (i-1)\pi/4$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ). Ряды 1 – 4 соответствуют разным углам визирования  $\mu = +0,8; +0,6; +0,4; +0,2$ .



*Рис. 5. Распределение значений интенсивности излучения, построенных по результатам решения задачи (1)...(3) при азимуте  $\varphi = \pi$ . Вертикальная координата соответствует значениям интенсивности излучения  $I$  вт/(м<sup>2</sup>км ср), горизонтальная ось  $Z$  соответствует высоте от 0 до 30 км, вторая горизонтальная ось соответствует  $MU = 16 \mu = 16 \cos \vartheta$ .*

Представленный алгоритм расчета интенсивности излучения с учетом многократного рассеяния в атмосфере может быть применен в обратных задачах восстановления параметров атмосферы и атмосферной коррекции космических изображений по спутниковым данным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы – Л.: Гидрометиздат, 1976 – 477с.
2. Султангазин У.М., Ахмеджанов А.Х. Об одном методе восстановления альбеда земной поверхности по данным космического зондирования // Гидрометеорология и экология, №3-4. – 2003. – С. 7-16.
3. Султангазин У.М. Математические проблемы построения алгоритмов атмосферной коррекции в дистанционном зондировании // Вестник Кыр. Гос. Ун-та, 2001. – Сер. 3. – Вып. 5. – С. 15-26.
4. Султангазин У.М., Ахмеджанов А.Х. К вопросу атмосферной коррекции космических изображений // Гидрометеорология и экология. – 2004. – №3. – С. 7-16.
5. Султангазин У.М., Ахмеджанов А.Х. Численные методы восстановления вертикальных профилей температуры и удельной влажности по данным дистанционного зондирования из космоса // Гидрометеорология и экология. – 2001. – № 1-2. – С. 7-10.

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.
7. R.J.D. Spurr, T.P. Kurosu, and K.V. Chance. 2001: A linearized discrete ordinate radiative transfer model for atmospheric remote sensing retrieval // J. Quant. Spectrosc. Radiat. – 2001. – Transfer, 68:689–735.
8. Sultangazin U.M., Ahmedzhanov A.H., Glushko V.N. Numerical methods of reconstruction of optical parameters of terrestrial surface and atmosphere using remote sensing // Mathematics and Computers in Simulation, Volume 67, Issue 4-5, 3 December 2004, P. 391-398.

Институт космических исследований

**СПУТНИКТИК МӘЛІМЕТТЕР НЕГІЗІНДЕ КҮННИҢ СӘУЛЕ  
ШЫҒАРУЫНЫҢ ҚАРҚЫНДЫЛЫҒЫН ҚАЙТА-ҚАЙТА  
ШАШЫРАУ ЖАҒДАЙЫНДА ЕСЕПТЕУ АЛГОРИТМІ**

SP ҰА академигі

Геог. Ғылымд. канд.

У.М. СұлтанҒазин

А.Х. Ахмеджанов

Т.С. Сараданов

*С.,уле шыҒаруды тасымалдау процессінде, күннің сәуле радиациясынан басқа, атмосферада барлық бағытта таралатын күннің сәуле шығаратын радиациясы бар. Бұл жағдайда спутниктік мәліметтер негізінде күннің сәуле шығаруының жарқындылығын қайта-қайта шашырау жағдайында есептеу алгоритмі танылған.*

УДК 551.551.8+551.515.3(252.83)

**ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ПОТОК МАССЫ АЭРОЗОЛЯ ПРИ ПЕСЧАНОСОЛЕВЫХ БУРЯХ НА ОСУШЕННОЙ ЧАСТИ ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ**

Канд. физ.-мат. наук О.Е. Семенов

*Выполнены расчеты вертикального потока массы  $Q_w$  песчаного аэрозоля размером менее 73 мкм по результатам экспедиционных измерений на осушенном дне Арала во время песчаных бурь.  $Q_w$  изменяется от  $10^{-8}$  до  $10^{-4}$  кг·м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup> в интервале значений динамической скорости потока  $u_*$  от 0,2 до 0,82 м/с. Получены графические зависимости  $Q_w$  от  $u_*$  и числа Фруда.*

Наряду с горизонтальными характеристиками потока массы частиц в двухфазных потоках (твердый, общий и полный расход) большое значение имеет определение значения вертикального потока массы частиц от поверхности в единицу времени. Вертикальный поток массы частиц  $Q_w$  является одной из основных величин источника примеси при математическом моделировании ветрового переноса твердой фазы. Он характеризует способность поверхности генерировать поток массы твердой фазы от источника и определяется числом частиц  $N$ , срывааемых ветром в единицу времени с единичной площади поверхности, их массой  $m_p$  и вертикальной скоростью движения  $w$ , т.е. в случае монодисперсного размера частиц определяется произведением

$$Q_w = m_p \cdot N \cdot w .$$

Произведение  $Nw$  Бютнер [1] назвала интенсивностью поверхностного источника и использовала при исследовании сальтации частиц песка и снега в приповерхностном слое воздуха. Поскольку информации об интенсивности поверхностного источника  $Nw$  и его зависимости от скорости потока нет, Бютнер задавала его и подбирала по сходимости рассчитанного ею горизонтального потока массы песка с его измеренными значениями. Этот же подход для задания источника примеси  $Q_w$  использовали Каипов [10] и Дедова [3] при моделировании переноса аральского аэрозоля.

Другой способ определения вертикального потока массы частиц при бурях через пульсационные характеристики потока суспензии (частиц + воздух)

$$Q_w = \rho \cdot s' \cdot w',$$

где  $\rho$  – плотность частиц,  $s'$  и  $w'$  – пульсации объемной концентрации твердой фазы и вертикальной составляющей скорости потока. Этот прямой метод определения  $Q_w$  наиболее предпочтителен, но очень труден для практического применения в виду сложности как измерительной аппаратуры, так и вычислений. Он начал быстро развиваться в наши дни на базе современной вычислительной техники и стремительного прогресса оптических методов измерений концентрации аэрозолей и их дисперсного состава.

Более простыми экспериментальными способами определения вертикальных потоков субстанции является градиентные методы, основанные на измерении параметров потока на двух уровнях [2, 4, 5, 6, 9]. Вычисления вертикального потока массы песчаного аэрозоля по этому методу в [9] рекомендовано выполнять по формуле

$$Q_w = -\kappa(u_* - w_g) \frac{k_{p2}S(z_2) - k_{p1}S(z_1)}{\ln \frac{z_2}{z_1} + \beta_a \frac{z_2 - z_1}{L}}, \quad (1)$$

где  $S(z_2)$  и  $S(z_1)$  – концентрация частиц субстанции на уровнях  $z_2$  и  $z_1$ ,  $\beta_a = 1$  – эмпирическая константа,  $k_{p1}$  и  $k_{p2}$  – доля частиц размером менее 73мкм, способных к турбулентной диффузии, на высотах  $z_1$  и  $z_2$  от всей уловленной приборами массы песка,  $\kappa = 0,4$  – постоянная Кармана,  $L$  – масштаб Мони-на-Обухова,  $u_*$  – динамическая скорость,  $w_g$  – скорость свободного падения частиц песка модального размера, способных участвовать в турбулентной диффузии (гидродинамическая крупность частиц) [7].

Вертикальный поток массы, направленный от поверхности вверх, является положительной величиной, а поток, направленный вниз, – отрицательным и указывает на процесс выпадения частиц твердой фазы из атмосферы на поверхность. Отрицательные значения  $Q_w$  при вычислениях по формуле (1) возникают в двухфазных потоках в двух случаях – если концентрация частиц на верхнем уровне больше концентрации примеси на нижней высоте  $S(z_2) > S(z_1)$  или гидродинамическая крупность частиц больше динамической скорости  $w_g > u_*$ .

Отсутствие турбулентного потока массы частиц ( $Q_w = 0$ ) получается при наличии равенств  $u_* = w_g$  или  $S(z_2) = S(z_1)$ . Следует отметить и недостаток этой методики расчета. Вычисления  $Q_w$  при значениях динамической скорости потока близких к  $w_g$  модального размера частиц аэрозоля неточны. Так при соблюдении равенства  $u_* = w_g$  поток массы  $Q_w$  в действительности не равен нулю, что объясняется наличием в песковом потоке и мелких частиц, у которых скорость осаждения меньше принятой в расчетной формуле скорости их модального размера. Кроме того, при небольших скоростях ветра – до 8...10 м/с на высоте 10 м ( $u_* < 0,4$  м/с) – на значения  $S(z_2)$  и  $S(z_1)$  еще влияет температурная стратификация ветропесчаного потока. Конвекция увеличивает вертикальный поток массы частиц, а температурные инверсии уменьшают. Поэтому вычисления  $Q_w$  при небольших скоростях ветра сопровождаются значительными погрешностями. Процессы переноса частиц песка в ночные часы и при инверсиях температур отличаются от дневных бурь при развитой вынужденной конвекции меньшей интенсивностью, так как поток воздуха имеет значительно меньшую интенсивность (степень) турбулентности  $\varepsilon = \sqrt{(u')^2 / (\bar{u})^2}$ . Энергия турбулентных вихрей генерируется в этих случаях только за счет динамического взаимодействия потока воздуха с подстилающей поверхностью.

#### **Влияние температурной стратификации на перенос песка ветром**

Для оценки влияния устойчивости атмосферы на профили метеорологических параметров обычно рассматривается роль вертикального потока тепла в процессе генерации турбулентной энергии и сравнивается вклад этого эффекта с поступлением энергии за счет градиента средней скорости. Для количественного определения степени устойчивости приземного слоя атмосферы удобно использовать масштаб Монина-Обухова  $L$

$$L = -\frac{c_p \cdot \rho \cdot T \cdot u_*^3}{\kappa \cdot g \cdot H}$$

или число Ричардсона в градиентной форме

$$Ri = \frac{g}{\theta} \cdot \frac{\frac{\partial \theta}{\partial z}}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2},$$

где  $c_p$  – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении,  $\rho$  – плотность воздуха,  $T=273+t$  – абсолютная температура,  $\theta$  – потенциальная температура,  $g$  – ускорение свободного падения,  $u$  – скорость ветра,  $u_*$  – динамическая скорость,  $z$  – высота,  $H$  – турбулентный поток тепла. В приземном слое  $\frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\partial T}{\partial z}$ , где  $T$  – абсолютная температура.

По Монину и Яглому [5], различным условиям стратификации приземного слоя атмосферы соответствуют следующие значения масштаба длины Монина-Обухова: сильная неустойчивость  $L = -2$  м, умеренная неустойчивость  $L = -10$  м, слабая неустойчивость  $L = -100$  м, слабая устойчивость  $L = 20$  м, умеренная устойчивость  $L = 4$  м, сильная устойчивость  $L = 1,6$  м. Как известно, при устойчивой стратификации  $Ri > 0$ , при сверхадиабатической (неустойчивой)  $Ri < 0$ , а условиям, близким к безразличной стратификации, соответствуют значения  $|Ri| \leq 0,03$  на высоте 1 м.

Оказалось, что слабые по интенсивности процессы переноса песка ветром могут наблюдаться в различно стратифицированном потоке. Но при более интенсивных бурях при превышении динамической скорости  $u_*$  значений свыше 0,35...0,40 м/с в подавляющем числе случаев влияние температурной стратификации на поток оказывается несущественным, так как наблюдаются условия, близкие к безразличной стратификации. Локальное число Ричардсона на уровне одного метра  $Ri$ , было меньше 0,03 [8]. Это явление объясняется двумя физическими процессами.

Как известно, с ростом скорости ветра роль потока тепла на генерирование турбулентной энергии быстро падает и начинают доминировать динамические силы. Вторая причина связана с эффектом нагревания слоя воздуха, насыщенного аэрозолем как за счет сильного поглощения солнечной радиации, так и передачи тепла воздуху от частиц песка, поднимаемых с горячей подстилающей поверхности. Происходит повышение температуры воздуха и ее выравнивание по высоте в слое переноса частиц твердой фазы. Таким образом, днем во время песчаных бурь в Казахстане при значениях динамической скорости  $u_* > 0,35...0,4$  м/с поток воздуха,

несущий частицы песка, стремится к изотермическому состоянию [7-9] Американский исследователь Жилет также пишет о нейтральной стратификации приземного слоя атмосферы во время пыльных бурь над эродлируемыми почвами в США [11].

Механизм выравнивания температуры в приземном слое атмосферы действует и при ветровом подъеме частиц с холодной подстилающей поверхности. Взлетающие более холодные частицы охлаждают воздух и приводят к уменьшению вертикальных градиентов температуры. Этот механизм выравнивания температуры воздуха наблюдается во время ночных случаев ветрового переноса частиц и днем при инверсном распределении плотности воздушного потока, когда более теплая воздушная масса натекает на холодную подстилающую поверхность. Чаще всего такие случаи песчаных бурь и поземков бывают в переходные сезоны года – ранней весной или поздней осенью. На рис.1 приведены полученные нами зависимости изменения локального числа  $Ri_l$  с ростом значений  $u_*$  при песчаных бурях и поземках в Прибалхашских песках и на сухом дне Арала. К сожалению, локальное число Ричардсона не позволяет количественно оценить влияние стратификации атмосферы на вертикальные потоки субстанции при динамических скоростях потока менее 0,35...0,4 м/с. Масштаб Монина-Обухова  $L$  представляет возможность учесть эту особенность ветропесчаных потоков, как это видно в формуле (1). Кроме того, большой теоретический и практический интерес представляет само определение значений масштаба Монина-Обухова при бурях, так как оценок его значений пока никто не делал. Наш комплекс градиентных измерений позволил рассчитать турбулентный поток тепла и получить значения масштаба длины  $L$ . На рис. 2 показано изменение значений масштаба длины  $L$  при бурях с увеличением динамической скорости ветропесчаного потока.

Рисунок позволяет получить более детальное и полное представление о том, при каких условиях стратификации пограничного слоя атмосферы происходит ветровой перенос песка. Слабые по интенсивности явления переноса песка (песчаные поземки) могут наблюдаться при  $u_* < 0,3$  м/с в условиях сильной и умеренной неустойчивости приземного слоя атмосферы, когда  $L \leq -10$  м. Интенсивные песчаные поземки ( $0,3 < u_* < 0,4$  м/с) бывают уже лишь в условиях слабой неустойчивости ( $L > -15...-30$  м) – поток мелкодисперсного аэрозоля при этих скоростях потока уже влияет на выравнивание температуры воздуха в слое его переноса. Переход поземков в песчаные (пыльные) бури на сухой подстилающей поверхности обычно происходит при

динамической скорости потока, равной, примерно, 0,4 м/с. Бури наблюдаются уже в условиях слабой неустойчивости или безразличной стратификации как приземного слоя атмосферы, так и значительной толщи пограничного планетарного слоя атмосферы. Масштаб Монина-Обухова во время бурь достигает значений высоты приземного слоя атмосферы и даже – 1000 м.

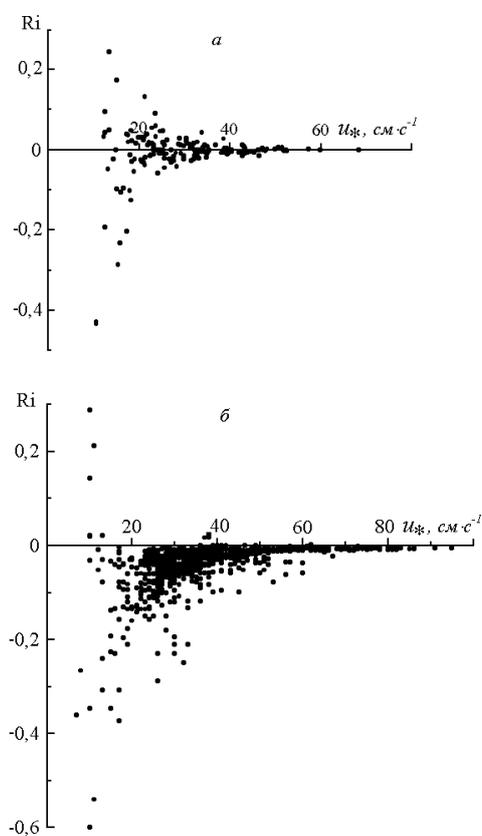


Рис. 1. Изменение стратификации приземного слоя атмосферы при песчаных бурях с ростом динамической скорости потока в Прибалхашье (а) и Приаралье (б).

К сожалению, из-за недостатка информации выполнить анализ воздействия поднимаемых в воздух частиц песка на переход от устойчивой стратификации к слабо устойчивой и безразличной при положительных значениях  $L$  пока не возможно. Нужны наблюдения за ночными песчаными бурями и бурями, которые начинаются при инверсиях температуры.

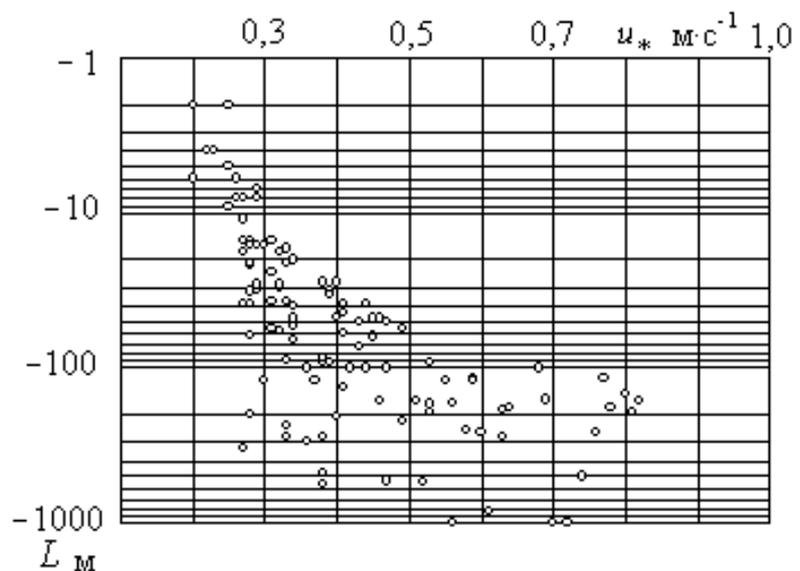


Рис. 2. Изменение масштаба длины Монина-Обухова с ростом динамической скорости ветропесчаного потока.

### Вертикальный поток массы песчаного аэрозоля

Градиентный метод исследования песчаных бурь позволил нам определить вертикальный поток массы мелкого песка (менее 73 мкм) по материалам измерений экспедиций, проведенных на Арале с 1980 по 1998 г. Они выполнены на песках различной крупности со средним геометрическим размером песчинок, который изменялся в различных местах проведения экспедиций от 97 до 270 мкм. Методика наших градиентных метеорологических измерений во время песчаных бурь описана в монографии [10].

Для измерений каждого года были определены коэффициенты  $k_{p1}$  и  $k_{p2}$  расчетной формулы для  $Q_w$ , так как в экспедициях изучалась не только масса переносимых частиц песка на различных уровнях приземного слоя атмосферы, но и изменение с высотой их функции распределения частиц по размерам. Для вычисления использовалась информация о твердом расходе песка (горизонтальный поток массы частиц)  $q$  и скорости ветра  $u$  со стандартных уровней градиентных измерений – 0,5 и 2 м. Концентрация песка рассчитывалась по формуле  $S = q/u$ . Гидродинамическая крупность частиц модального размера, участвующих в турбулентном переносе, была принята

$w_g = 0,29$  м/с. Всего получено около 120 значений  $Q_w$  в интервале значений динамической скорости потока от 0,15...0,2 до 0,82 м/с.

Большой интерес представляет получение зависимости вертикального потока массы частиц мелкого песка  $Q_w$  от динамической скорости потока  $u_*$ , которая может быть использована при задании мощности плоскостного источника аэрозолей при бурях в процессе их математического моделирования. На рис. 3 приведена полученная нами зависимость  $Q_w = f(u_*)$ . При её построении использованы абсолютные значения  $Q_w$ .

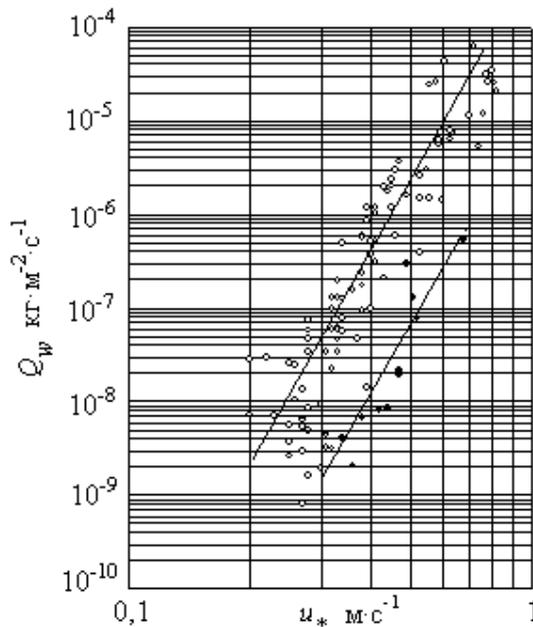


Рис.3. Зависимость вертикального потока массы частиц мелкого песка (менее 73 мкм) от динамической скорости потока при песчаных бурях над подвижными песками Арала.

1 – песчаная поверхность со средним геометрическим размером частиц  $x_0 = 210$  мкм и  $x_0 = 270$  мкм, 2 – мелкий песок с  $x_0 = 97...120$  мкм

На рисунке хорошо виден стохастический характер полученной зависимости. Анализ сопутствующих материалов метеорологических наблюдений приводит к выводу, что в этой области значений  $u_*$  следует выделить две зависимости  $Q_w = f(u_*)$ . Нижняя кривая на рис. 3 описывает вертикальный поток массы аэрозоля над поверхностью, сложенной крупным пес-

ком со средним геометрическим размером частиц  $x_0$  210 и 270 мкм. Эти пески практически не содержат мелких частиц, способных участвовать в турбулентном переносе, поэтому  $Q_w$  над ними при небольших скоростях потока очень мал – менее  $10^{-8}$  кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> или меньше  $10$  мкг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>. Для этого крупного песка  $Q_w = f(u_*)$  описывается следующим уравнением

$$Q_w = 5,1 \cdot 10^{-6} u_*^{6,5},$$

в котором  $Q_w$  измеряется в кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>, а  $u_*$  – в м/с.

Вторая (верхняя) кривая описывает поток массы  $Q_w$  над поверхностью, сложенной из мелкого песка с  $x_0 = 97 \dots 120$  мкм. Диапазон изменения  $Q_w$  над мелким песком охватывает пять порядков величины – от  $10^{-8}$  до  $10^{-4}$  кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> при изменении  $u_*$  от 0,2 до 0,82 м/с. Она аппроксимируется зависимостью

$$Q_w = 1,41 \cdot 10^{-4} u_*^{6,5}.$$

Большой разброс данных измерений при  $u_* < 0,3$  м/с объясняется несколькими причинами. Не стационарность процесса переноса песка во времени, когда он носит прерывистый характер; влияние температурной стратификации (инверсий температуры) и состояние поверхностного слоя песка – сухой он или влажный – всё это приводит к снижению потока массы песка.

Сравним полученные нами значения  $Q_w$  частиц песка размером менее 73 мкм с результатами исследований вертикального потока пыли размером менее 20 мкм от сельскохозяйственных почв США, подвергающихся дефляции, выполненными Жиллетом и Пасси [11]. Они проводили отбор проб мелкодисперсной пыли аспирационным методом на фильтры над тремя типами почв, подвергающихся процессу выветривания.

Приводим полученный Жиллетом и Пасси график зависимости вертикального потока массы пыли от динамической скорости  $u_*$  (рис. 4). На рисунке ими также представлены единичные определения  $Q_w$  Бормана и Яйнике, Фейрчайда и Теллери, полученные в аэродинамических трубах. Интервал полученных этими авторами значений  $Q_w$  на графике охватывает четыре порядка от  $10^{-10}$  до  $10^{-6}$  г·см<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> или  $10^{-9}$  до  $10^{-5}$  кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> ( $1$  г·см<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> =  $10$  кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>) при изменении  $u_*$  от 0,22 до 0,75 м/с. На рисунке Жиллетом и Пасси проведена также теоретическая кривая Оуэна (линия А)

и её асимптотическая кривая В, пропорциональная  $u_*^4$ . Можно отметить также, что прослеживается более тесная связь между  $Q_w$  и  $u_*$  для каждого отдельного типа почв, т.е. на зависимость влияют ещё какие-то параметры, отличающие почвы друг от друга. Зависимость имеет стохастический характер с достаточно большой дисперсией  $Q_w$  для одного и того же значения  $u_*$  и эмпирические точки указывают, что показатель степени при  $u_*$  больше 4. Её можно аппроксимировать следующей формулой

$$Q_w = 3,16 \cdot 10^{-18} u_*^{5,95},$$

где  $Q_w$  дается в  $\text{г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ , а  $u_*$  – в  $\text{см} \cdot \text{с}^{-1}$ .

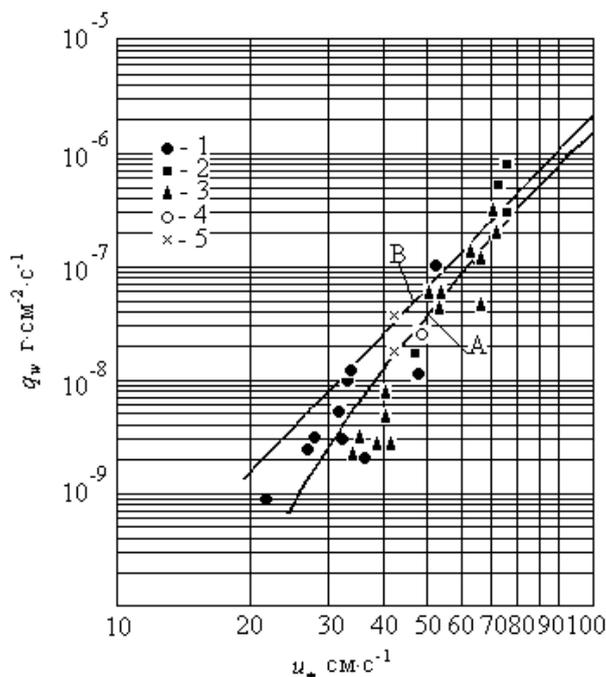


Рис.4. Зависимость вертикального потока массы мелкодисперсного аэрозоля (менее 20 мкм) от динамической скорости потока по Жиллету и Пасси [11] от поверхности почв, подвергающихся выветриванию. 1 – первая разновидность почвы, 2 – вторая разновидность, 3 – третья разновидность, 4 – данные измерений Бормана и Яйнике, 5 – данные измерений Фейрчайлда и Тиллери, А – теоретическая кривая Оуэна, В – кривая, пропорциональная  $u_*^4$ .

У нас при увеличении динамической скорости в интервале 0,2...0,82 м/с вертикальный поток массы частиц  $Q_w$  изменяется от  $10^{-8}$  до

$10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Таким образом, рассчитанные нами значения вертикального потока массы частиц по порядку величины согласуются с результатами Жиллета и Пасси, полученными ими по отличным от наших методик отбора проб аэрозоля и вычислений. На обеих полученных зависимостях  $Q_w = f(u_*)$  видно (см. рис. 3 и 4), что для одного и того же значения  $u_*$  вертикальный поток массы песка  $Q_w$  может принимать значения, отличающиеся на порядок. Поэтому в дальнейшем детерминированный подход к определению зависимости  $Q_w$  от  $u_*$  необходимо дополнить её вероятностным описанием.

Более универсальной, учитывающей размер частиц, является зависимость вертикального потока массы песчаного аэрозоля  $Q_w$  от аналога числа Фруда, в котором скорость потока заменена на динамическую скорость  $Fr_* = \frac{u_*^2}{g \cdot x_0}$ , где  $g = 9,81 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ ,  $x_0$  – средний геометрический размер частиц песка на деятельной поверхности. На рис. 5 приведена полученная нами зависимость  $Q_w = f(Fr_*)$ .

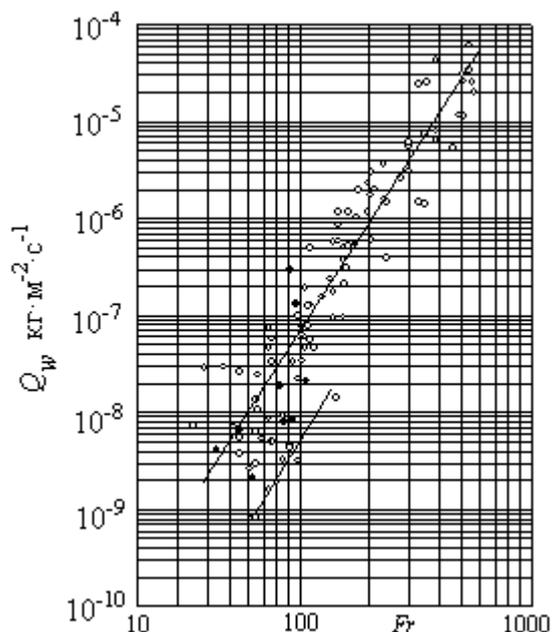


Рис. 5. Зависимость вертикального потока массы песчаного аэрозоля размером менее 73 мкм от динамического числа Фруда.

Зависимость вертикального потока массы песчаного аэрозоля от числа  $Fr_* = \frac{u_*^2}{g \cdot x_0}$  позволяет задавать интенсивность источника поступления его в атмосферные потоки от подвижной песчаной поверхности для заданного значения динамической скорости потока  $u_*$  и среднего геометрического размера частиц песка на поверхности. Она также как и зависимость  $Q_w$  от  $u_*$  носит стохастический характер. Зависимость можно описать следующей формулой

$$Q_w = 2,82 \cdot 10^{-14} Fr_*^{-3,25}$$

Нижняя кривая на рис.5 соответствует случаям переноса песка над слабо увлажненными и быстро подсыхающими поверхностями в условиях инверсионного распределения температуры в приземных слоях воздуха.

Значительный статистический разброс зависимостей  $Q_w = f(u_*)$  и  $Q_w = f(Fr_*)$  в первую очередь объясняется большой пространственной и временной изменчивостью состояния подстилающей поверхности – её влажности, проективного покрытия растительностью, механического состава почвогрунтов, рельефа местности. Эти же причины приводят к тому, что эмпирические зависимости очень сильно зависят от динамической скорости потока – показатель степени значительно превышает предсказанные теорией значения. Кроме того, вертикальный поток массы частиц зависит и от других факторов, которые не учтены в полученных одно и двух параметрических зависимостях, на которых видно, что для одного и того же значения параметра вертикальный поток массы песка  $Q_w$  может принимать значения, отличающиеся на порядок. Поэтому в дальнейшем детерминированный подход к определению зависимости  $Q_w$  от  $u_*$  и  $Fr_*$  необходимо дополнить их вероятностным описанием.

В заключение статьи автор считает своим приятным долгом выразить глубокую благодарность своим коллегам и товарищам по экспедиционным работам А.П. Шапову, О.С. Галаевой, внесшим большой и труднооценимый вклад в получение результатов этой работы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бютнер Э.К. Динамика приповерхностного слоя воздуха. – Л. Гидрометеоиздат, 1978. – 157 с.

2. Гаргер Е.К., Жуков Г.П., Седунов Ю.С. К оценке параметров ветрового подъема радионуклидов в зоне Чернобыльской атомной электростанции // Метеорология и гидрология. – 1990. – № 1. – С. 5–10.
3. Дедова Т.В. Геоинформационное моделирование процессов выноса аэрозолей с осушенного дна Аральского моря: Дис...канд. техн. наук / Институт математики. – Алматы, 2002. – 109 с.
4. Зилитинкевич С.С. Динамика пограничного слоя атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 291 с.
5. Монин А.С. Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. Механика турбулентности. Часть I. – М.: Наука, 1963. – 639 с.
6. Руководство по теплоробансовым наблюдениям. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 149 с.
7. Семенов О.Е. Об ускорении потока во время сильных песчаных и пылевых бурь // Гидрометеорология и экология. – 2000. – №3-4. – С. 23 - 48.
8. Семенов О.Е. Экспериментальные исследования кинематики и динамики пыльных бурь и поземков // Тр. КазНИГМИ. – 1972. – Вып. 49. – С. 3-31.
9. Семенов О.Е., Шапов А.П., Каипов И.В. Песчано-солевые бури в Приаралье // Гидрометеорологические проблемы Приаралья / Под ред. Г.Н. Чичасова. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – С. 132–233.
10. Семенов О.Е. О методике определения вертикального потока массы тяжелой быстро оседающей примеси // Гидрометеорология и экология. – 2002. – № 4. – С. 47 – 54
11. D. Gillette, R. Passi. Modeling Dust Emission Caused by Wind Erosion // J. of Geoph. Research. – 1988. – Vol. –93, № D11. – P. 14233 – 14242.

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата

АРАЛ ТЕҢІЗІ ТҒБІНІҰ СҰРҚАП САЛҚАН БҒЛІГІНДЕ ТҰЗДЫ-СҰМДЫ  
ДАУЫЛ КЕЗІНДЕ АЭРОЗОЛЬ САЛМАСТАРЫНЫҰ ТІГІНЕН АҰЫСЫ

Физ-мат. Ұлымд. канд.

О.Е. Семенов

*ШаҰды дауыл кезінде АралдыҰ жрJan жалJan тГбінде экспедициялыҰ ғлишеулердіҰ н,,тижелері бойынша 73 мкм-ден аз ғлишемді жм аэрозольдарыныҰ салмајтарыныҰ  $Q_w$  вертикальді аҰсын есептеу жГргізілген.  $Q_w$  аҰыныныҰ динамикалыҰ жылдамдыҰ  $U^*$  0,2-ден 0,82 м/с м,,ндері аралыҰында  $10^{-8}$ -ден  $10^{-4}$  кг м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>-жа дейін ғзгереді.  $Q_w$ -діҰ  $U^*$  ж,,не Фруд санына графиктік т,,уелділігі алынJan.*

УДК 551.507.362.2

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА  
ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА МОДЕЛЬЮ T80**

И.Ф. Калямова

*Проведено сравнение осредненной за две недели и месяц фактической температуры воздуха и ветра на метеостанциях Казахстана, с полями температуры и ветра, полученными со спутников «Terra» и «Aqua», прогнозами NCEP реанализа и глобальной модели T80 для различных климатических зон Казахстана. Показаны преимущества использования в полном объеме спутниковой информации в оперативной работе, а также возможность использования долгосрочных прогнозов модели T80 в летний период времени.*

На территории Казахстана в 2.7 миллионов км<sup>2</sup>, расположены 242 метеорологические станции и восемь аэрологических станций, что является недостаточным для проведения репрезентативного трехмерного анализа. Часть аэрологических станций производят наблюдения только в 00 часов по Гринвичу (GMT), то есть в 6 часов утра местного времени. Дефицит метеорологической информации придает большую значимость дистанционному зондированию атмосферы, а особенно информации о температуре и влажности, полученной с помощью зондирования. Профили температуры и влажности, полученные со спутников, могут восполнить недостаток метеорологических наблюдений на территории Казахстана. В данной работе использована информация прибора MODIS, который установлен на спутниках «Terra» и «Aqua» [1, 2, 3]. Вертикальные профили атмосферы, полученные с помощью MODIS, содержат различные атмосферные параметры, которые вычисляются для дневного и ночного времени суток для квадрата 5 км × 5 км (при разрешении прибора 1км). Профили температуры и влажности вычисляются для 20 уровней: 1000, 950, 920, 850, 780, 700, 620, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 10 и 5 гПа.

Такой объем информации у поверхности земли и на высотах дает отличную возможность для качественного анализа при составлении

прогноза погоды, а также является хорошей информационной базой для численных моделей, которые призваны улучшить качество долгосрочных прогнозов. Одной из таких моделей является глобальная модель T80, прогноз которой на июнь 2002, 2003 годов здесь анализируется.

Информация MODIS, которая находится в Интернете в иерархическом формате .hdf, была загружена с сайта: <http://daac.gsfc.nasa.gov>. С помощью программы компиляции «IDL» файлы формата .hdf были конвертированы в информационные файлы, которые были разделены на файлы профилей температуры и влажности. Далее они были конвертированы в бинарные файлы, а затем в программе GrADS метеорологические параметры были нанесены на карту.

Для анализа поля температуры 1000 гПа, из 242-х метеостанций Казахстана были отобраны 182 станции с высотой над уровнем моря, приблизительно не превышающей 500 метров. Значения среднесуточной температуры за июнь 2002, 2003 годов были вычислены на период времени 2 недели и месяц. Осредненная таким образом температура затем сравнивалась:

- с температурой, полученной прибором MODIS со спутников «Terra» и «Aqua»;
- с прогнозом температуры Национального Центра Прогнозов Окружающей Среды (NCEP) реанализа.
- с прогнозом температуры на две недели и месяц глобальной моделью T80.

Рис. 1, 2 иллюстрируют систематическую ошибку температурного поля на уровне 1000 гПа. В контексте использования информации очень важно понять причину ошибки и в наблюдениях, и в модели. Эти ошибки могут быть случайными, а могут быть систематическими. Если систематическая ошибка известна, то мы можем откорректировать ее. Систематическая ошибка для полей 500 гПа (2002 г., 2003 г.) не показана здесь для краткости.

Исправленная, с учетом систематической ошибки, температура для MODIS и NCEP показывает лучший результат, чем температура модели T-80. Для поля 1000 гПа минимальная разница температур (табл. 1): фактической средней за две недели, с температурой, измеренной спутниковым прибором MODIS, составила +0,03 °С для степных районов Казахстана, а максимальная разница температур составила +0,8 °С для районов пустыни. Разница среднемесячной температуры была +0,01 °С для лесных районов и +0,28 °С – для пустыни. Достаточно высокая точность измерений температуры спутниковым прибором позволяет использовать информацию из космоса в оператив-

ной работе при составлении разного рода прогнозов температуры, в том числе и долгосрочных. При использовании этой информации, синоптик будет иметь данные температуры и влажности для 20 уровней, начиная с поверхности земли, с разрешением в каждом 5-ти километровом квадрате. Если мы разделим количество имеющихся в Казахстане метеостанций на площадь 2,7 млн. км<sup>2</sup>, то найдем, что одна метеостанция в Казахстане приходится, в среднем, на площадь 8...9 тыс. км<sup>2</sup>. Нетрудно посчитать, что использование температуры, измеренной спутником, увеличит количество точек наблюдений на поверхности земли примерно в 300...400 раз.

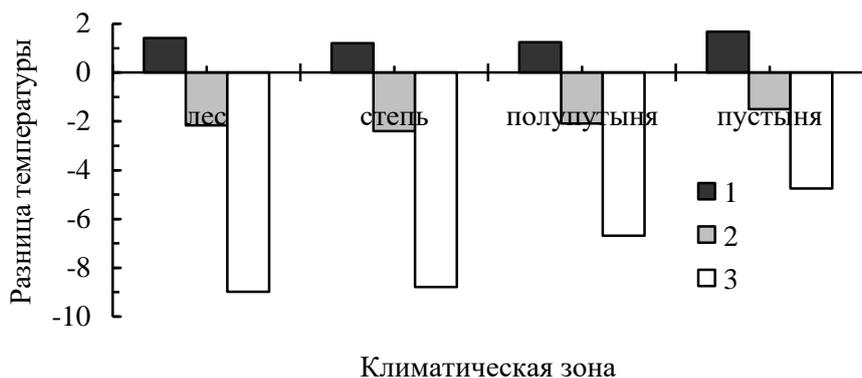


Рис. 1. Систематическая ошибка среднемесячной температуры в июне 2002 года. 1 – MODIS, 2 – NCEP, 3 – T80.

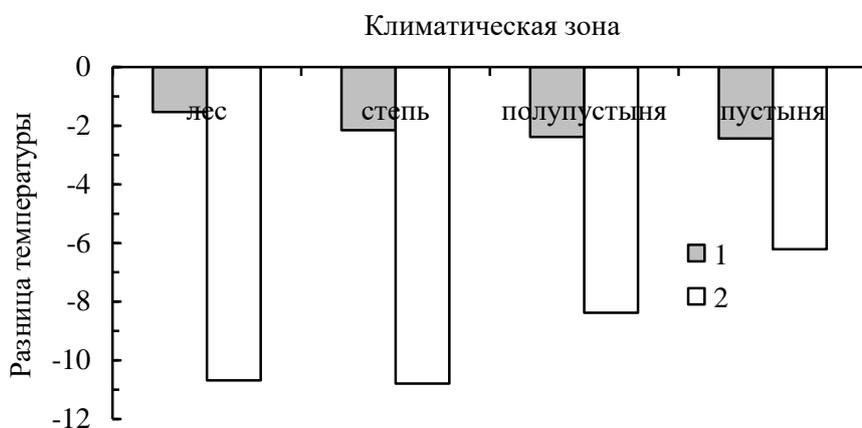


Рис. 2. Систематическая ошибка среднемесячной температуры в июне 2003 года. 1 – NCEP, 2 – T80.

Разница фактических температур воздуха и температур от MODIS, NCEP и T80, исправленных с учетом систематической ошибки, °С

	Климатическая зона				
	лес	степь	полупустыня	пустыня	
<b>2002 год</b>					
Поле 1000 гПа					
Первые две недели месяца					
M – MODIS	0,30	0,03	0,27	0,83	
M – NCEP	0,35	0,09	0,09	0,42	
M – T80	-1,8	-1,7	0,4	2,4	
Вторые две недели месяца					
M – MODIS	-0,24	-0,40	-0,57	-0,27	
M – NCEP	-0,45	-0,66	-0,05	0,77	
M – T80	-1,5	-1,3	0,8	2,7	
Месяц					
M – MODIS	0,01	-0,20	-0,16	0,28	
M – NCEP	-0,07	-0,30	0,01	0,59	
M – T80	-1,7	-1,5	0,6	2,5	
<b>2003 год</b>					
Первые две недели месяца					
M – NCEP	0,99	0,09	-0,72	-1,32	
M – T80	-1,6	-1,8	0,7	2,8	
Вторые две недели месяца					
M – NCEP	0,23	-0,11	0,20	0,68	
M – T80	-1,6	-1,7	0,6	2,8	
Месяц					
M – NCEP	0,56	-0,06	-0,29	-0,34	
M – T80	-1,7	-1,8	0,6	2,8	
<b>2002 год</b>					
Поле 500 гПа					
Первые две недели месяца					
NCEP – MODIS	-0,02	-0,22	-0,12	-0,42	0,58
NCEP – T80	0,5	0,3	-0,7	-2,2	-1,4
MODIS – T80	0,52	0,52	-0,58	-1,78	-1,98
Вторые две недели месяца					
NCEP – MODIS	0,08	-0,12	-0,12	0,08	0,28
NCEP – T80	1,1	1,1	0,8	-0,3	0,8
MODIS – T80	1,02	1,22	0,92	-0,38	0,52
Месяц					
NCEP – MODIS	0,06	-0,14	-0,14	-0,14	0,36
NCEP – T80	0,88	0,68	-0,02	-1,22	-0,32
MODIS – T80	0,82	0,82	0,12	-1,08	-0,68
<b>2003 год</b>					
Первые две недели месяца					
NCEP – T80	0,19	-0,11	-0,07	-0,20	-1,34
Вторые две недели месяца					
NCEP – T80	0,67	0,44	1,09	1,63	-2,30
Месяц					
NCEP – T80	0,43	0,17	0,51	0,71	-1,82

Примечание: M – метеостанция, MODIS – спутниковый прибор, T80 – модель.

Для поля 500 гПа была взята разница спутниковых температур и NCEP реанализа [6]. Информация NCEP реанализа обеспечивается Американским Центром Диагностики Климата в Колорадо с веб сайта <http://www.cdc.noaa.gov/>. В данном случае информация NCEP использовалась как аналог фактической информации. В табл. 1 видно, что данные прогноза NCEP имеют наименьшую разницу с фактическими данными, по сравнению с измерениями MODIS и прогнозом T80. Необходимо напомнить, что проект, названный «реанализ», был создан для проведения научных исследований и имеет архив более чем 50-ти летнего глобального анализа атмосферных полей. NCEP – статистическая комбинация прогноза и наблюдений, обеспечивающая оптимальное вычисление 4-х размерного состояния атмосферы, не имеет прерывистых изменений в системе ассимиляции. Ученые всего мира интенсивно используют информацию реанализа. Проведено множество исследований, в которых используется сравнение результатов реанализа с различными типами наблюдений.

Информация NCEP доступна для 17 уровней давления (гПа): 1000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 10 с разрешением 2,5-градуса широты на 2,5-градуса долготы, то есть с разрешением примерно в 34 000 км<sup>2</sup> [6]. Учитывая то, что в Казахстане обеспечением метеорологической информацией на высотах занимается всего восемь аэрологических станций, можно подсчитать, что одна аэрологическая станция освещает территорию приблизительно в 340 000 км<sup>2</sup>. На этом фоне разрешение NCEP выглядит достаточно хорошим. Разница средних температур за две недели между прогнозом NCEP и измерениями MODIS составила -0,02 °С...+0,58 °С, а разница средних температур за месяц: +0,06 °С...+0,36 °С. Использование спутниковой информации на разных высотах позволит иметь количество наблюдений, превышающих настоящие к этому времени аэрологические наблюдения, в 13 600 раз.

После того, как сравнительный анализ прогноза NCEP и наблюдений MODIS с фактическими данными показал очень хорошие результаты, можно было использовать данную информацию для сравнительного анализа прогноза модели. Для модели было задано десять различных первоначальных условий состояния атмосферы и, в результате, получен ансамбль из десяти прогнозов, который затем был осреднен для получения конечного прогноза температуры. Из-за хаотичности природы атмосферы, несколько прогнозов, начинающихся от слегка различных первоначальных условий, дадут более точное решение, чем единичное решение с фактическими первоначальными условиями [4, 5].

По результатам (табл. 1) видно, что Т-80 дает положительное отклонение температуры над районами пустынь и над полупустынями и отрицательное отклонение над лесом и степью. Большое отклонение прогноза модели над районами пустынь, возможно, вызвано следующими причинами:

- чувствительностью модели к высоким суточным колебаниям температуры в этих районах;
- недостатком метеорологических наблюдений в этих районах;
- Т-80 модель не содержит детального описания поверхности земли.

Табл. 2 показывает, что районы пустыни и полупустыни имеют наименьшее количество метеостанций и разрешение модели на местности в этих районах приблизительно, равнозначно репрезентативности станций в этих районах. Т80 имеет разрешение 1,4-градуса широты на 1,4-градуса долготы, что составляет примерно 10,7 тыс. км<sup>2</sup>, а средняя площадь, приходящаяся на одну метеостанцию в районах полупустынь и пустынь, от 10 до 11 тыс. км<sup>2</sup> [4, 5]. И, наоборот, лесные районы и районы степей освещены метеорологическими наблюдениями значительно лучше.

Таблица 2

Расположение метеорологических станций на территории Казахстана

Зона	Площадь, км <sup>2</sup>	Количество станций	Средняя площадь на одну станцию, км <sup>2</sup>
Лес	148 460	21	7 070
Степь	398 704	51	7 818
Полупустыня	722 059	70	10 315
Пустыня	695 123	64	10 861

Точность наблюдений прибором MODIS вертикальных профилей температуры была также сверена с фактическими вертикальными профилями, полученными на аэрологических станциях. В виду того, что каждый файл MOD07\_L2 сайта MODIS имеет размер приблизительно 30 Мб, удалось заказать и загрузить информацию только за июль 2002 г. К сожалению, на данный период времени, на который была проанализирована спутниковая информация, наблюдения на аэрологических станциях проводились не регулярно, поэтому был выбран период времени, когда информация была относительно полной: 10...15 июля 2002 г. Аэрологические наблюдения проводились на всех станциях в 00 GMT (06 утра местного времени). Это, приблизительно, время минимальной ночной температуры. Для сравнения аэрологических наблюдений с информацией MODIS было выбрано только ночное время прохождения спутника (около 22...24 часов местного времени). Нужно отметить, что существующая разница во време-

ни между прохождением спутника над районами Казахстана и запуском радиозондов на станциях, не могла не сказаться на результатах сравнения.

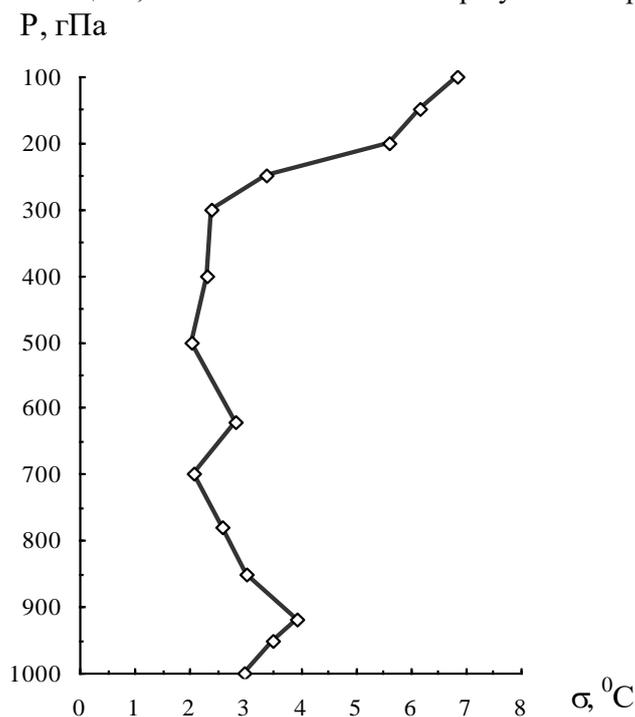


Рис. 3. Среднеквадратичное отклонение температуры воздуха: радиозонд-MODIS для восьми аэрологических станций.

Сравнивался осредненный за шесть дней профиль температуры, полученный от MODIS с осредненными аэрологическими профилями за тот же период времени. Среднеквадратичное отклонение для вертикального профиля температуры показано на рис. 3. На рис. 3 видно, что минимальное отклонение найдено для высот 700 гПа и 500 гПа, тогда как максимум приходится на уровень 900 гПа. MODIS плохо уловил инверсионный слой температуры, который обычно формируется в ночное время в пограничном слое, так как прибор имеет худшее вертикальное разрешение чем радиозонд. Суточные колебания температуры у земной поверхности являются причиной высокого отклонения. Выше уровня 300 гПа отклонение начинает резко увеличиваться, что означает начало слоя тропопаузы. Тем не менее, в слое тропосферы среднеквадратичное отклонение находится в пределах точности измерения прибором MODIS:  $\pm 3 \dots 4$  °C [1, 2, 3].

Помимо анализа температуры, также было проанализировано поле ветра на полях 850 гПа и 200 гПа, полученное прогнозом T80 и NCEP, и проведено

сравнение с фактической синоптической ситуацией на данный период времени. Для наглядности прогноз поля ветра был наложен на температурное поле. В основном, прогноз глобальной модели поля температуры и ветра совпадает с наблюдаемыми параметрами. Максимумы и минимумы температурных полей спрогнозированы хорошо. Параметры ветра в основном зависят от поля температуры. Чем больше температурный градиент, тем больше скорости ветра. Корректировка температурного поля автоматически приведет к более точному прогнозу ветрового поля и сделает результаты модели и NCEP реанализа сравнимыми. На уровне 850 гПа T80 показывает ветер, в основном соответствующий синоптической ситуации, но ослабляет его. Причиной уменьшения ветра является то, что T-80 показывает слабые температурные градиенты. Несомненно, что корректировка температурного поля улучшит прогноз поля ветра моделью. На уровне 200 гПа, где уже не сказываются суточные колебания температуры, T80 усиливает ветровой поток, но здесь мы должны помнить, что разрешение модели:  $1,4^\circ \times 1,4^\circ$ , разрешение NCEP:  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ . При сравнимом разрешении модели и NCEP мы могли бы получить и сравнимый прогноз ветрового поля.

Проведенный сравнительный анализ фактического температурного и ветрового поля со спутниковыми измерениями прибором MODIS и прогнозом T-80 и NCEP реанализа, позволяет сделать следующие выводы:

Проверенные для июня 2002, 2003 годов спутниковые наблюдения температуры, как на уровне поверхности земли, так и на высотах, сравнимы с фактическими температурами, что позволяет использовать их в оперативной работе. Требуется анализ спутниковой информации для зимнего периода времени.

Использование спутниковой информации позволит, не увеличивая количества метеорологических и аэрологических станций, увеличить число наблюдений в 300...400 раз для поля 1000 гПа и в 13 600 раз для высотных полей.

Оправдываемость прогнозов на период времени больше одной недели обычно низка. Использование долгосрочного прогноза температуры модели T80 поможет значительно улучшить качество прогноза. Передовые технологии в системе наблюдений, компьютерные модели, статистическая техника могут позволить улучшить прогноз на две недели и на месяц уже в ближайшем будущем. Месячный прогноз средних значений температуры и осадков будет очень полезен для таких основных секторов экономики как сельское хозяйство и энергетика и другие. Очевидность слабого прогноза в масштабах двух недель и месяца заставляет нас задуматься о дол-

госрочном прогнозе погоды с использованием глобальной модели. T-80 – одна из таких моделей, которая может быть использована в этих целях.

Возможность включения в составление прогноза как можно больше доступной информации является большим преимуществом, что особенно важно для районов с дефицитом метеорологических наблюдений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Simon B., P.C.Joshi, and P.S.Desai. Moisture Profiles over the Tropics from NOAA/TOVS Satellite Data // Journal of Geophysical Research. – 1995. – Vol.100. – №D1. – P.1439-1443.
2. Simon B., Athar S.M.U., Rahman S.H. Application of MODIS data for mesoscale process. Proc. Scale interaction and monsoon variability (SIVOM), Munnar, Kerala, 6-10 October 1995.
3. Michael D.King, Memer, IEEE, W.Paul Menzel, Yoram J.Kaufman, Didier Tanre, Bo-Cai Gao, Steven Plantick, Steven A.Ackerman, Lorraine A.Remer, Robert Pincus, and Paul A.Hubanks. Cloud and Aerosol Properties, Precipitable Water, and profiles of Temperature and Water Vapor from MODIS IEEE // Trans. Geosci. Remote Sensing, 2003. – Vol. 41, P. 442-458.
4. Pal P.K., Thapliyal P.K. and Kishtawal C.M. Extended Range Simulation of Indian Summer Monsoon Using ERMP Mode // Atmospheric Sciences Division Meteorology & Oceanography Group Space Applications Centre Indian Space Research Organisation, part-A. – 2001.
5. Pal P.K., Thapliyal P.K., and Kishtawal C.M. Extended Range Simulation of Indian Summer Monsoon Using ERMP Model // Atmospheric Sciences Division Meteorology & Oceanography Group Space Applications Centre Indian Space Research Organisation, part-B. – 2001.
6. Compiled and edited by U.C.Mohanty et.l. Report of the performance of operational forecast system during Monsoon-1994 / National Centre for medium range forecasting, New Delhi, 1995. – P. 3-8.

Центр гидрометеорологического мониторинга, г. Астана

#### **«TERRA» ЖӘНЕ «AQUA» СПУТНИКТҮЛНЕН АЛЫНҒАН ТЕМПЕРАТУРА ЖӘНЕ NSER РЕАНАЛИЗИНІҢ НАҚТЫ ТЕМПЕРАТУРАСЫ МЕН T-80 ҮЛГІСІНІҢ ЖЕЛ ЖӘНЕ АУА ТЕМПЕРАТУРАЛАРЫНЫҢ ҰЗАҚ МЕРЗІМДІ БАЛЖАУЫНЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ**

И.Ф. Калямова

*Қазақстанның әртүрлі климатологиялық аймақтарына арналған жалпай T-80 үлгісінің NSER реанализі болжаулары, «Terra» және «Aqua» спутниктерінен алынған ауа мен жел температурасы өрістері, Қазақстан метеостанцияларындағы нақты ауа мен жел температурасының екі апта және ай мөширінде орташаланған салыстыру жүргізілді. Спутникалық*

*ақпараттың шұғыл жұмыста толық көлемде пайдаланудың артық жерлері, және де ұзақ мерзімді болжауда Т-80 үлгісінің жазғы кезеңде пайдалану мүмкіндігі көрсетілген.*

УДК 556.33.4.04

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИНХРОННОСТИ КОЛЕБАНИЙ  
АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ И ИХ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
(НА ПРИМЕРЕ БЕЛАРУСИ)**

Канд. техн. наук	В.Е. Валу-
	ев
Канд. геогр. наук	А.А. Вол-
	чек
	О.П. Ме-
	шик

*В современных условиях использования водных ресурсов за частую роль гидрометеорологических факторов игнорируется, в том числе и атмосферные осадки. В данной статье сделана попытка учета как синхронности, так и асинхронности атмосферных осадков, для составления реальных схем комплексного использования и охраны водных ресурсов Республики Беларусь на основе математического моделирования.*

Распределение атмосферных осадков по территории Беларуси представляет собой сложную картину «пятнистости», обусловленную определенным сочетанием физико-географических факторов исследуемого региона. Глобальные и местные факторы находятся в достаточно сложном взаимодействии и влияют на атмосферные осадки всей своей совокупностью. Выполненный нами поиск оптимальной длины ряда наблюдений методом последовательного анализа дал 70-летние и более периоды с устойчивой средней величиной атмосферных осадков на территории Беларуси. Однако имея длительные ряды наблюдений, различные авторы до настоящего времени получают не одинаковые годовые нормы атмосферных осадков для одних и тех же метеопунктов. Отклонения величин осадков существенны и составляют от 15 до 30 % «истинной» годовой нормы (130...200 мм). Такое количество атмосферных осадков для территории Беларуси соизмеримо с оросительной нормой многолетних трав в среднезасушливый год (75 % - ной обеспеченности дефицитов водопотребления). Пространственная изменчивость атмосферных осадков нами оценивается по следующей схеме

$$C_{vi} = \left( \sum_j (M_{ij} / \bar{M}_i - 1)^2 \cdot (K - 1) \right)^{0,5}, \quad (j = \overline{1, K}), \quad (1)$$

где  $M_{ij} = f(X_j; Y_j; H_j; t_i)$  – значения атмосферных осадков в любом (j)-пункте Беларуси в функции от его географических координат ( $X_j; Y_j$ ), высоты местности над уровнем моря ( $H_j$ ) и времени ( $t_j$ );  $\bar{M}_i$  – среднее значение атмосферных осадков (норма) для (i) - го интервала времени. Полученные величины ( $C_{vi}$ ) для территории Беларуси представлены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты пространственной вариации ( $C_{vi}$ ) атмосферных осадков для территории Беларуси (в целом)

	Месяц												од
											0	1	
$C_{vi}$	,11	,10	,09	,08	,06	,05	,07	,07	,08	,07	,10	,10	,05

Оценка пространственно-временных колебаний величин атмосферных осадков на территории Беларуси осуществлена при комплексном исследовании экспериментальных материалов 124 метеопунктов и за репрезентативный пятнадцатилетний период с 1951 по 1965 гг. Этому периоду соответствует максимальное число пунктов наблюдений, ряды являются однородными.

В результате перераспределения тепла и влаги по земной поверхности, образуются районы, имеющие какой-либо общий признак. Одним из таких признаков является синхронность колебаний метеорологических элементов. В качестве основного способа оценки синхронности колебаний величин атмосферных осадков на территории Беларуси мы отдали предпочтение вычислению парной корреляции рядов наблюдений за осадками, исходя из того, что коэффициент корреляции является не только объективной качественной, но и количественной характеристикой этих колебаний. При этом выделяются группировки рядов, скоррелированные не менее заданного уровня (например,  $r_{kp} = 0,8$ ). Опыт районирования территории Беларуси по осадкам с использованием данного приема отсутствует, поэтому ограничимся изложением результатов собственных исследований синхронности их месячных величин в годовом разрезе. Наиболее приемлемый уровень скоррелированности атмосферных осадков ( $r_{kp}$ ) представлен помесечно в табл. 2.

Таблица 2

Исходный уровень скоррелированности атмосферных осадков,  
принятый для территории Беларуси

	Месяц												од
											0	1	
<i>кД</i>	,85	,75	,88	,78	,78	,75	,76	,76	,82	,85	,84	,85	,80

В районах синхронного выпадения атмосферных осадков установлена их пространственно-временная изменчивость ( $C_v$ ). Каждому месяцу присущ только свой набор пунктов, объединенных в характерном районе. Количество районов синхронного выпадения осадков для каждого месяца представлено в табл. 3.

Таблица 3

Количество районов синхронного колебания атмосферных осадков  
на территории Беларуси

Ра Июн	Месяц												од
											0	1	
	1	1	9	7	9	4	2	6	0	5	1	9	7

Необходимо отметить, что границы выделенных нами районов (рис. 1) часто совпадают с границами почвенных районов, водосборов и приурочены к естественным повышениям рельефа. «Пятнистость» выпадения атмосферных осадков, выявленная в репрезентативный период (1951...1965 гг.), можно априори распространить на сколь угодно длительную ретроспективу, чтобы данный фактор, наряду с другими, использовать как определяющий при исследовании генезиса почв и пестроты почвенного покрова в целом на территории Беларуси.

Обнаруживается достаточно тесная связь очертаний границ районов синхронного выпадения дождей в июне (рис. 1) и почвенного покрова юго-западной части территории Беларуси [3]. На данной территории распространены полугидроморфные почвы (подзолисто-болотные, дерново-болотные, дерново-карбонатно-солончаковые, аллювиальные дерново-болотные). Среднемноголетняя норма осадков (июнь), активно участвующих в почвообразовательном процессе, колеблется по территории от 55 до 71 мм. Атмосферные осадки являются определяющим фактором общего круговорота воды, растворения, переноса химических элементов на боль-

шие расстояния и распределения их по исследуемой территории в соответствии с выявленной картиной «пятнистости». Кроме того, обнаруживается аналогичное (зональное) распределение по территории Беларуси комплекса радиоактивных частиц, выпавших после Чернобыльской катастрофы. Для мая количество районов синхронного выпадения атмосферных осадков достаточно велико (табл. 3), особенно на юго-востоке Могилевской, Гомельской и Брестской областей, а также на северо-востоке Гродненской и юго-западе Минской области. Именно здесь имеет место наибольшая пестрота плотности радиоактивного загрязнения.

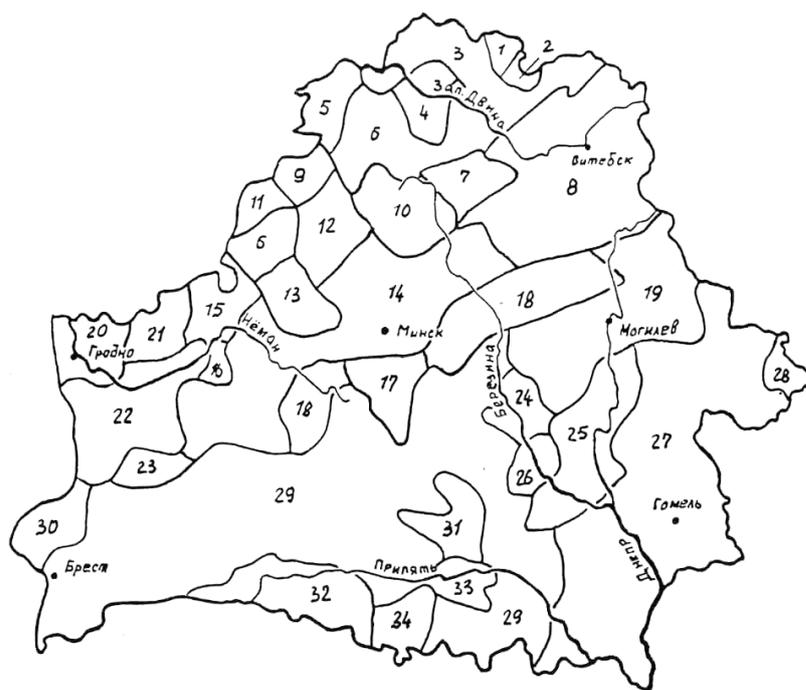


Рис. 1. Схема районирования территории Беларуси по синхронности выпадения атмосферных осадков в июне (районы 1...34) при  $r_{кр} = 0,75$ .

Плотность и репрезентативность осадкомерной сети такова, что не обеспечивает данными наблюдений все исследуемые (локальные) участки, в частности сельскохозяйственные поля, в границах которых необходимо иметь количественные показатели влагообмена на уровне подстилающей земной поверхности. Поэтому, в основу прикладной количественной оценки атмосферных осадков, нами положена возможность определения их величин в любой конкретной точке сельскохозяйственного поля. Это

может быть реализовано с помощью трехмерной нелинейной модели, аппроксимируемой полиномом второй степени, когда в качестве исходной функции пространственного распределения осадков принимается функция  $(X(\varphi, \lambda, H))$  [2], а само уравнение имеет вид

$$X_j = \alpha_{0j} + \alpha_{1j} \cdot \varphi + \alpha_{2j} \cdot \lambda + \alpha_{3j} \cdot H + \alpha_{4j} \cdot \varphi^2 + \alpha_{5j} \cdot \lambda^2 + \alpha_{6j} \cdot H^2 + \alpha_{7j} \cdot \varphi\lambda + \alpha_{8j} \cdot \varphi H + \alpha_{9j} \cdot \lambda H, \quad (2)$$

где  $X_j$  – норма атмосферных осадков в расчетном пункте за  $(j)$  – интервал времени, мм;  $\varphi, \lambda$  – условные прямоугольные координаты (широта, долгота) расчетного пункта, принятые, в данном исследовании, относительно пункта Минск, км;  $H$  – абсолютная отметка поверхности земли в расчетном пункте, м;  $\alpha_{0j}, \dots, \alpha_{9j}$  – коэффициенты частных уравнений регрессии (2) для оценки сумм атмосферных осадков за различные интервалы осреднения (табл. 4).

Значения коэффициентов  $(\alpha_{ij})$ , полученные по уравнению (2), подтверждают наибольший вклад в величины атмосферных осадков основного регионального фактора – высоты местности ( $H$ ).

При решении ряда прикладных задач используются среднесуточные величины осадков  $(\bar{P}_{\text{сут.}})$ . Оценка их значений, заданных на дискретном множестве точек, и экстраполяция на всю область определения функции непрерывного аргумента возможны с использованием Фурье-анализа. Аппроксимирующая функция разлагается в ряд Фурье и находится сумма этого ряда по формуле

$$f(X) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cdot \cos nX + b_n \cdot \sin nX), \quad (3)$$

где  $a_0, a_n, b_n$  – коэффициенты Фурье, которые находятся по формулам (табл. 5):

$$a_0 = \frac{1}{m} \cdot \sum_{k=1}^m Y_k; \quad (4)$$

$$a_n \approx \frac{2}{m} \cdot \sum_{k=1}^m Y_k \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot k}{m}\right) \cdot n; \quad (5)$$

$$b_n \approx \frac{2}{m} \cdot \sum_{k=1}^m Y_k \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot k}{m}\right) \cdot n, \quad (6)$$

где  $m$  – число известных пар значений  $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_m, Y_m)$ .

Таблица 5

Коэффициенты Фурье, рекомендуемые к использованию при оценке среднесуточных осадков на территории Беларуси (формулы 4, 5, 6)

Значения соответствующих коэффициентов в формулах (4), (5), (6)					
$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$
-	-	0,	-	0,	0,
1,9758	0,4732	0986	0,0023	0734	0123
$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	
0,1	-	0,1	0,0	-	
589	0,3145	057	222	0,0544	

Таблица 4

Коэффициенты частных уравнений регрессии вида (2) для оценки сумм атмосферных осадков на территории Беларуси

Расчетный период ( $j$ ), значения коэффициентов ( $\alpha_{ij}$ ), коэффициент множественной корреляции ( $R$ )											
$j$	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$	$\alpha_7$	$\alpha_8$	$\alpha_9$	*
Январь	0	0	0,0170	0	-0,0001	-0,00003	0,0003	0	0	0	0,75
Февраль	41,9416	0	0	0	0,0000	0	0,0003	0	0	0	0,53
Март	42,6742	0	0,0398	0	-0,0001	-0,00003	0,0002	0,0001	0	-0,0002	0,71
Апрель	49,8383	-0,0093	0,0676	0	-0,0001	-0,00004	0	0	0	-0,0004	0,61
Май	50,3442	0	0,0334	0,0747	-0,0001	-0,00006	0	0	-0,0001	-0,0002	0,54
Июнь	66,7504	-0,0036	0	0,0788	-0,0001	0,00002	0	0	0	0	0,55
Июль	78,6171	-0,0137	0,0370	0,0720	-0,0001	-0,00015	0	0,0002	0	0	0,57
Август	66,4695	0,0229	-0,0454	0,1063	0,0001	-0,00007	0	-0,0001	0	0,0002	0,68
Сентябрь	63,2795	0	0,1173	0	-0,0001	-0,00009	0	0,0001	0,0002	-0,0007	0,80
Октябрь	50,6118	0,0118	0,0630	0,0233	0,0000	-0,00006	0	0,0001	0	-0,0003	0,73
Ноябрь	65,1734	0,0085	-0,0242	-0,1479	0,0000	-0,00009	0,0007	-0,0001	0	0,0002	0,73
Декабрь	71,5567	0	0,0656	-0,1685	-0,0002	-0,00005	0,0006	0,0001	-0,0001	-0,0003	0,68
Год	638 ,7432	0	0,4764	0,7357	0,0009	-0,00067	0	0,0005	0	0,0021	,79

Примечание: \* – критическое значение коэффициента множественной корреляции ( $R_{кр.} = 0,31$  [1]).



График предлагаемой функции аппроксимации среднесуточного количества атмосферных осадков на территории Беларуси представлен на рис. 2, где точками обозначены среднемесячные значения осадков в привязке к суточному их ходу.

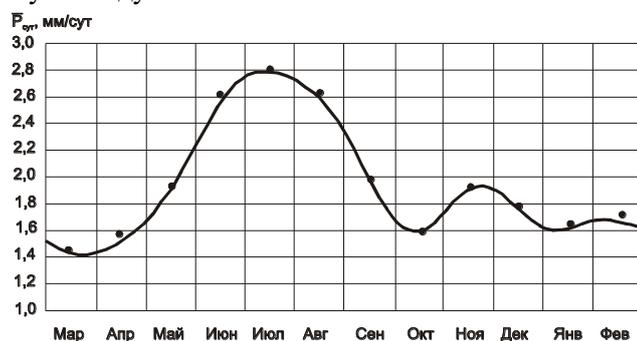


Рис. 2. Среднесуточное количество осадков  $\bar{P}_{сут.}$ , мм/сут на территории Беларуси.

Моделирование суточных значений атмосферных осадков нами проводится методом статистических испытаний (Монте-Карло). Рассмотрим конкретный пример. Пусть имеются суточные значения атмосферных осадков для марта месяца, рассчитанные по формуле (3), которые приведены в табл. 6.

Таблица 6

Суточные значения атмосферных осадков (март) на территории Беларуси, полученные по формуле (3)

Календарные даты / атмосферные осадки, мм/сут.											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	
/1,68	/1,67	/1,66	/1,65	/1,65	/1,64	/1,64	/1,63	/1,62	0/1,61	1/1,60	
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	
2/1,59	3/1,59	4/1,58	5/1,57	6/1,56	7/1,55	8/1,55	9/1,54	0/1,53	1/1,52	2/1,52	
2	2	2	2	2	2	2	3	3			
3/1,51	4/1,50	5/1,50	6/1,49	7/1,49	8/1,48	9/1,48	0/1,47	1/1,47			

Методом статистических испытаний нами установлено также распределение на территории Беларуси периодов с осадками и без осадков (для марта приведены в табл. 7).

Суммарное количество атмосферных осадков, выпавших в  $(j)$  – период с дождливой погодой, при имитационном моделировании определяется как

$$P_{j-пер} = \sum_{i=1}^{m_j} P'_{сум} , \quad (7)$$

где  $m_j$  – количество суток в ( $j$ ) периоде с осадками;  
 $P'_{сум} = P_{сум} + \bar{\zeta}_{j(сум)}$  – исправленное на среднесуточную величину  
 $(\bar{\zeta}_{j(сум)})$  суточное количество атмосферных осадков ( $P_{сум}$ ), рассчитанных по формуле (3), – табл. 6, 7.

Таблица 7

Распределение на территории Беларуси периодов с осадками  
(заштриховано) и без осадков в течение марта

Календарные даты										
									0	1
2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2
3	4	5	6	7	8	9	0	1		

Суммарная величина поправки за рассматриваемый ( $j$ ) период ( $\zeta_j$ ) определяется за время, эквивалентное по продолжительности периоду ( $j-1$ ) с ясной погодой, смежному и предшествующему рассматриваемому периоду ( $j$ ). При этом, используется зависимость (3) и равенство

$$\zeta_j = \sum_{i=1}^{m_{j-1}} P''_{сум(j-1)} . \quad (8)$$

Среднесуточная величина поправки ( $\bar{\zeta}_{j(сум)}$ ), вносимой в суточные величины атмосферных осадков дождливого периода ( $j$ ), определяется как

$$\bar{\zeta}_{j(сум)} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^{m_{j-1}} P''_{сум(j-1)} , \quad (9)$$

где  $\sum_{i=1}^{m_{j-1}} P''_{сум(j-1)}$  – сумма суточных величин атмосферных осадков, рассчитанных по функции (3), табл. 6, 7, за время ( $m_{j-1}$ ), эквивалентное по продолжительности периоду ( $j-1$ ) с ясной погодой;  $m_j$  – продолжитель-

ность рассматриваемого ( $j$ ) периода, в который вносится поправка;  $m_{j-1}$  – то же предшествующего периода с ясной погодой ( $j-1$ ).

Дискретно смоделированное во времени суточное количество атмосферных осадков для марта месяца представлено в табл. 8.

Таблица 8

Суточные значения атмосферных осадков на территории Беларуси (март), полученные имитационным моделированием (формулы 7...9)

Календарные даты / атмосферные осадки, мм/сут											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
/1,68	/-	/-	/-	/2,07	/2,06	/2,06	/2,05	/-	0/1,84	1/1,83	
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
2/1,82	3/1,82	4/1,81	5/1,80	6/1,79	7/-	8/-	9/-	0/-	1/-	2/-	
2	2	2	2	2	2	2	3	3			
3/2,28	4/2,27	5/-	6/-	7/-	8/-	9/-	0/-	1/-			

Предлагаемая нами статистическая модель реализации процесса выпадения атмосферных осадков на территории Беларуси может экстраполироваться на любой по продолжительности период. Моделирование процесса выпадения атмосферных осадков различной обеспеченности позволяет получить любое количество его реализаций и, следовательно, любое количество реализаций процесса управления водным балансом (режимом) на исследуемом уровне. Управление водным балансом процесса теплообмена на уровне деятельной поверхности водосборов исключает потерю информации, позволяет привлекать смоделированные ряды балансовых элементов оптимальной продолжительности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валуев В.Е., Волчек А.А., Пойта П.С., Шведовский П.В. Статистические методы в природопользовании. – Брест: Брестский политехнический институт, 1999. – 252 с.
2. Валуев В.Е., Волчек А.А., Юрченко Н.Т. К вопросу интерполяции, осреднения и инженерных расчетов воднобалансовых характеристик. – Красноярск.: СибНИИГиМ, 1990. – С. 17-32.
3. Почвы Белорусской ССР. – Мн., 1974.

Институт проблем Полесья НАН РБ  
Брестский Государственный технический университет

АТМОСФЕРАЛЫС ЖАУЫН-ШАШЫННЫҰ АУЫТСУУЫНЫҰ  
СИНХРОНДЫЛЫҰЫН ЗЕРТТЕУ Ж...НЕ ОЛАРДЫ МАТЕМАТИКАЛЫС  
МОДЕЛЬДЕУ (МЫСАЛ РЕТІНДЕ БЕЛОРУССИЯ АЛЫНҒАН)

Техн. Җылымд. канд.  
Геог. Җылымд. канд.

В.Е. Валуев  
А.А. Волчек  
О.П. Мешик

*Sazirgi uajytta su resurstarын joldan*Жанда гидрометеорологиялыj факторлар, оныЎ ишінде атмосфералыj жауын-шашындар еленбейдi. Бгл мајалада комплексті joldанудыЎ најты Глгісін жасау ж.,не математикалыj модельдеуге сГйене отырып, Белорусия республикасыныЎ су ресурстарын jорJaу Гшін атмосфералыj жауын-шашынныЎ синхрондылыJын ж.,не асинхрондылыJын есепке алуJa „рекет жасалынады.

УДК. 501.515.4

**О ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА АЛМАТЫ**

Канд. геогр. наук А.В. Чередниченко

*Предложенный метод уточнения районов грозовой деятельности на небольших территориях апробирован для города Алматы, в результате построено две карты.*

Грозы являются опасным метеорологическим явлением, поскольку в состоянии причинить ущерб целому ряду отраслей хозяйственной деятельности, а также непосредственно – человеку [10]. Особенно чувствительной к грозе отраслью является энергетика. Естественно, поэтому, что предприятия этой отрасли финансируют исследования гроз, по крайней мере, изучение пространственно – временного распределения их повторяемости и продолжительности [10].

Данные исследования выполнены по заказу энергетического предприятия Алматы Пауэр Консолидейтед. Необходимо было построить карты грозовой деятельности по территории Алматинской области с выделением города Алматы: «Карта повторяемости гроз на территории города Алматы» и «Карта продолжительности гроз на территории города Алматы». И если технологию построения карт грозовой активности мы изложили в [17], то со второй частью задачи возникли существенные проблемы. Дело в том, что рассматривать территорию города Алматы как отдельный анклав с выделением определенных зон грозовой деятельности не совсем правильно.

Известно, что город Алматы расположен в предгорьях северного склона хребта Заилийский Алатау на конусе выноса, который постепенно понижается с юга на север (рис. 1.). Средняя высота города 800 м над уровнем моря [6, 7].

На юг и юго-восток от г. Алматы начинается сильно пересеченное холмистое предгорье, которое, повышаясь, переходит в хребет Заилийский Алатау. В последние годы город разросся и районы новой застройки, раскинувшиеся в южной части города, расположены в предгорьях [6].

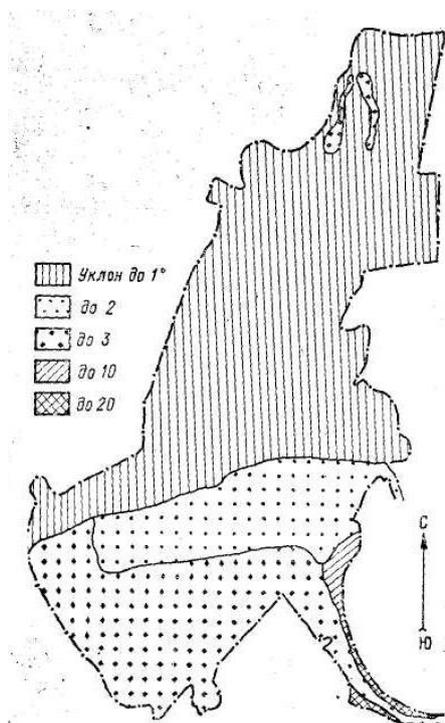


Рис. 1. Схема уклонов города Алматы.

Заилийский Алатау является передовой цепью Тянь-Шаньского горного массива. Горы протянулись почти в широтном направлении, отдельные вершины хребта достигают 4500 м над уровнем моря, покрыты вечными снегами и ледниками. Северные склоны крутые, каменистые, сильно изрезаны ущельями. С севера, запада и востока город окружен слегка пересеченной местностью, понижающейся к северу.

Необходимо отметить, что вертикальные движения перед ложбинами холодных вторжений, перемещающихся с запада или северо-запада, у подножия Заилийского Алатау усиливаются за счет орографического поднятия. Кроме того, эти ложбины, разворачиваясь параллельно горным хребтам, способствуют волнообразованию. Фронты здесь дают больше осадков, чем над равниной, и имеет место повторное выпадение осадков в одной и той же фронтальной зоне. Увеличению осадков в районе г. Алматы еще способствует и горно-долинная циркуляция, обуславливающая более интенсивное, чем над равниной, развитие внутримассовых облаков. Отсюда годовая сумма осадков в г. Алматы составляет 575 мм, тогда как в г. Капчагае, отстоящем на 70 км к северу, — всего 266 мм. В окрестностях г. Алматы наблюдаются все климатические зоны — от пустыни до высокогорных ледников [6].

Для построения карты нами были привлечены данные метеорологической наземной сети Казгидромета, в первую очередь это были так называемые реперные станции: Алматы ГМО, Алматы Каменское Плато, и Алматы АМСГ. Однако для детальной карты этих данных было явно недостаточно. Поэтому нами были использованы данные метеостанций, расположенных вокруг Алматы на расстоянии 30...50 км. Они давали нам общую картину гроз вокруг Алматы. Кроме того, привлечение данных станций Айдарлы, Иссык, Усть-Горельник, Узунагач и Капчагай дало нам возможность совместить карту грозовой деятельности города Алматы и карту грозовой деятельности по территории Алматинской области [17].

Протяженность города с юга на север составляет порядка 27 км, а с запада на восток 20 км, при этом станция Алматы ГМО и Алматы Каменское Плато находятся в верхней части города и расположены на входе в ущелье реки Малая Алматинка, станция Алматы АМСГ расположена в аэропорту. Таким образом, реперные станции, на которые мы опирались, находятся почти на одной оси в восточной части города и охватывают фактически предгорья, в то время как западная часть оставалась лишенной информации. Проводить линии равных значений на такой небольшой территории и при недостатке данных мы не рискнули, памятуя, что этой информацией будут пользоваться энергетики, а для них повторяемость и продолжительность гроз в месте расположения электрических подстанций имеет огромное значение, в том числе и экономическое. По этой причине мы пришли к выводу о необходимости привлечения дополнительной информации. Таким источником для нас послужили измерения метеорологического радиолокатора (МРЛ) Алматинского аэропорта, но использовались данные наблюдений в ближней зоне (БЗ), что некоторым образом отличается от обычных наблюдений [13].

Дело в том, что в ближней зоне МРЛ наблюдает на расстоянии до 40 км от места своей установки, давая более детальную вертикальную и пространственную структуру облачности. Это удастся сделать, выполняя вертикальные разрезы в нужных направлениях. За частую берутся направления, близкие к азимутам 45, 135, 225 и 315°. Единожды выбранные направления остаются неизменными. Однако если интересующее нас облако находится в стороне от основного направления, то вертикальный разрез делается с некоторым смещением, чтобы произвести наблюдения в этом облаке.

Сравнивая данные, получаемые из ближней зоны (БЗ), с данными дальней зоны (ДЗ), необходимо отметить, что в БЗ дается более детальный

разрез облачности и осадков с разделением радиоэха по типам, а облачности – по ярусам с указанием высот нижней границы. Области максимальной отражаемости определяются для радиоэха конкретного облака. Не сильно отступая от истины, можно сказать, что если квадрат 30×30 км в ДЗ является как бы точкой наблюдений, (результаты измерений усредняются по всему квадрату), то в БЗ такое же расстояние становится объектом анализа с получением характеристик радиоэха, данных о ярусах облачности и ее границах [13].

Согласно [2] и др. возникновению гроз благоприятствуют следующие условия:

- высокая удельная влажность в приземном слое и на высотах при большой неустойчивости воздушной массы;
- большая вертикальная протяженность облаков (обычно более 4,5 км);
- интенсивные вертикальные движения внутри облака (более 10 м/с);
- развитие облаков выше уровня с температурой минус 22 °С;

Грозы, имеющие место в данном регионе, формируются в воздушной массе, обладающей этими характеристиками, на которые накладывается орографический фактор. Его воздействие определяется направлением перемещения и средними уклонами местности. Несмотря на то, что на разных высотах и в разных точках предгорий орографическое воздействие различно, все же существуют определенные закономерности в изменении динамических характеристик воздушной массы, что позволяет рассматривать и представлять их в виде единого поля. Соответственно, имеется возможность проводить изолинии.

Следовательно, в предгорной зоне грозы будут встречаться чаще из-за орографии, в степной зоне будут встречаться реже, так как воздух там суше, местность ровная и условий для начала грозы меньше. МРЛ, регистрируя грозы вокруг себя в зоне 40 км, дает нам возможность рассмотреть повторяемость гроз по каждому из направлений.

Однако имелась необходимость каким-то образом совместить, согласовать данные МРЛ в БЗ с данными метеостанций, расположенных в городе Алматы и вокруг него. Такая необходимость была вызвана следующими соображениями: если бы мы смогли связать измерения, полученные с помощью МРЛ, с данными наземных метеостанций, расположенных на разных расстояниях между ними, а главное, расположенных на разных высотах, мы бы смогли более уверенно провести изолинии повторяемости гроз в Алматы, опираясь на данные МРЛ между станциями. В то же время, при таком подхо-

де, сохранялась общая закономерность распределения гроз по территории города и данные были бы увязаны с реперными станциями.

Необходимость в согласовании или, в соответствии с терминологией климатологии – «в приведении», объяснялась еще и тем, что данные наблюдений МРЛ имелись за 3 года, а данные метеостанций – за 30 лет [4]. Первым шагом в согласовании был отбор данных МРЛ только за синоптические сроки, синхронные с наблюдениями метеорологических станций. Вторым шагом было согласование данных о количестве гроз по наблюдениям метеостанций и МРЛ в дальней зоне для квадратов, где находится та или иная метеостанция. При этом данные станции считались истинными, а данные МРЛ приводились к ним путем нахождения отношения повторяемости грозы по метеостанции к повторяемости гроз по МРЛ. Затем, на третьем этапе, величины найденных отношений, которые мы для краткости назовем переходными коэффициентами, интерполировались для квадратов наблюдений, где метеостанций нет, в предположении, что на участках между метеостанциями они изменяются линейно. При вычислении оказалось, что эти коэффициенты от станции к станции меняются незначительно, проявляя в то же время заметную тенденцию к изменению с увеличением удаления от МРЛ после 100 км. В нашем случае, однако, все удаления не превышали, как сказано выше, 40 км. Величины коэффициентов, вычисленные для наблюдений в дальней зоне, мы перенесли и на ближнюю, поскольку она является частью дальней. Для повышения статистической достоверности расчетов за счет увеличения объема выборки мы нашли переходные коэффициенты аналогичным путем и для кучево-дождевой облачности и ливневых осадков, которые затем согласовали с повторяемостью гроз.

Далее была создана база данных, в которую занесены все случаи с ливневыми осадками, грозами и кучевыми облаками типа *Cu cong*. Годы, которые были нам предоставлены администрацией АМСГ, были: 2001, 2002, 2003 (данные МРЛ за более длительный срок не сохранились из-за пожара в Алматинском аэропорту). Использовались данные периода с апреля по октябрь месяцы. Информация заносилась следующим образом: выбирался тип явления из перечисленных выше, время и дата, удаленность в километрах от МРЛ (с точностью до 1 км) и направление в градусах, в котором это явление наблюдалось.

Затем из базы данных была произведена выборка, которая позволила построить карты распределения всех явлений на своих картах. Это было сделано для того, чтобы сравнить, как поля с облачностью типа *Cu*

cong совпадают с полями ливневых осадков, а так же с грозами. Для этого пришлось построить отдельные бланки карт ближней зоны, поделенные на квадранты площадью 1×1 км, по всем направлениям наблюдений. В дополнение пришлось нанести на этот бланк границы Алматы с учетом расположения МРЛ, в соответствующем масштабе. Это дало нам возможность уже на этапе формирования данных контролировать общую ситуацию и делать некоторые выводы.

К моменту начала построения первой карты, «Повторяемость гроза на территории города Алматы» мы получили три предварительные карты распределения повторяемости мощных кучевых облаков, ливневых осадков и гроз. При анализе каждой карты в отдельности, в принципе, просматривалась зависимость повторяемости каждого явления от орографии [1, 8, 9, 12, 14, 15].

В результате была построена карта «Повторяемости гроз на территории города Алматы (суток за год)», которая представлена на рис .2. Можно видеть, что изолинии повторяемости гроз имеют ориентацию, близкую к широтной, т.е. располагаются вдоль основных хребтов с востока на запад. Ориентация склона и его высота заставляют приходящие воздушные массы затекать в близко расположенные ущелья и оставаться там длительное время, в то время как основная воздушная масса уже может уйти дальше на восток. Вынужденная конвекция у его северного склона играет роль некоторого катализатора, который заставляет остановившиеся фронты давать осадки и обостряет грозовую деятельность. Кроме того, над югом города Алматы восточнее Каменского плато и микрорайоне Алмагуль имеет место грозовой очаг с повторяемостью более 42 гроз/год.

Здесь количество гроз больше, чем над остальной частью города. Существованию такого грозового очага во многом способствует то, что это широкий вход в ущелье Малая Алматинка, блокированный восточнее отрогами (Малый Алматинский отрог хребта Заилийского Алатау.), ориентированными меридионально. Ущелье, сужаясь к югу, способствует местному усилению конвекции, облако и грозообразованию. В результате здесь создаются условия, благоприятные для зарождения местных гроз, в виду своего микроклимата, во многом отличном от городского (влажность воздуха, термодинамический фактор, развитая горно-долинная циркуляция, близко расположенный слой инверсии и др.). Поэтому расположение очага повышенной повторяемости гроз в этой зоне не случайно.

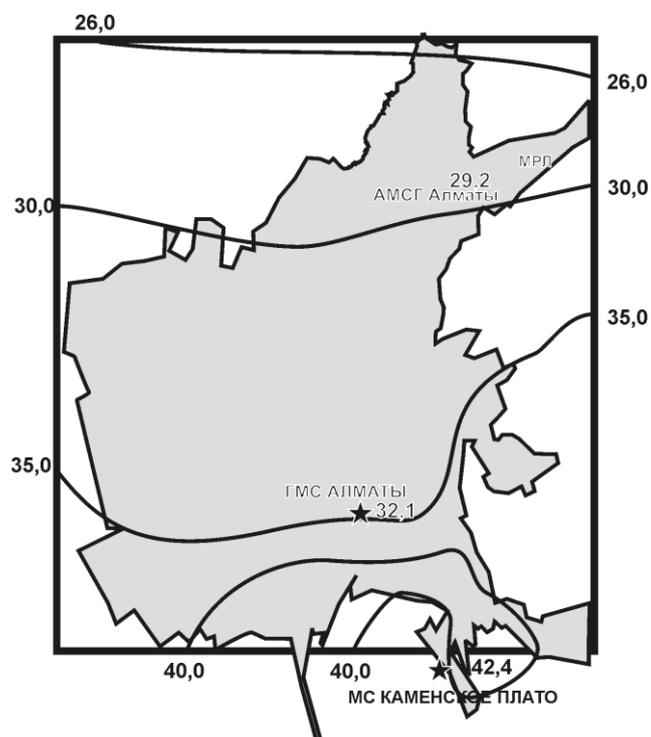


Рис. 2. Повторяемость гроз на территории города Алматы (суток за год).

Стоит отметить, что на такое положение очага гроз может также оказывать и техногенный фактор – пылевой аэрозоль, загрязненность воздушного бассейна и др. По мнению ряда авторов, эти причины могут оказывать существенное влияние на формирование местных гроз и давать так называемые тепловые грозы [6].

Вторая область повышенной повторяемости гроз расположена юго-западнее города в районе ущелья Большой Алматинки. Юго-западная часть города находится под ее влиянием (рис. 2). Изолиния повторяемости гроз со значением 35 суток расположена у подножья основных предгорий и пересекает центральную часть города, примерно вдоль проспекта Абая, на восточной и западной окраинах вблизи входов в ущелья рек Малая и Большая Алматинка повторяемость гроз заметно возрастает и изолиния отклоняется к северу. Причина этого объяснена выше.

Изолиния повторяемости гроз со значением 30 суток проходит через город в районе северного кольца почти широтно. На ее положение горы все еще оказывают доминирующую роль, хотя она и расположена на расстоянии в несколько десятков километров от подножья хребтов.

И наконец, четвертая изолиния с минимальным количеством гроз – 26 случаев, проходит на севере города и охватывает фактически только прилегающие к г. Алматы поселки: Покровка, Первомайский и Боралдай. На таком удалении от гор их влияние, безусловно, тоже проявляется, (и это видно по величине повторяемости), но опосредствовано: изолиния параллельная горам, но на ее ходе влияние ущелий Большой и Малой Алматинок уже не просматривается.

Сравнивая карту изменения уклонов местности по территории города (рис. 1) с картой распределения повторяемости гроз (рис. 2) можно заметить, что районам с большими уклонами, т.е. собственно предгорьям, соответствует область большой изменчивости повторяемости, а районам с максимальными величинами уклона – большие вариации повторяемости на одной и той же средней высоте. Сказывается, таким образом, влияние отдельных отрогов и ущелий. Для районов же с малыми уклонами характерно медленное убывание повторяемости гроз к северу и все более слабое влияние гор.

В годовом ходе максимум повторяемости гроз приходится на май, июнь, а минимум – на октябрь. Грозы холодного периода, ввиду их малой повторяемости, нами не рассматривались. Ущелью Малой Алматинки соответствует область с наибольшей продолжительностью гроз: 56,7 гроз/год. Второй области высокой повторяемости гроз юго-западнее города у входа с ущелье Большой Алматинки соответствует такая же область высокой продолжительности (около 55 гроз /год), которая только частично находится в пределах рассматриваемого района.

При построении карты «Продолжительность гроз на территории г. Алматы (часов за год)» (рис. 3), мы во многом опирались на методику, которая была использована при составлении карты повторяемости гроз, описанной в работе [17].

В отличие от расположения изолиний на предшествующей карте, здесь изолинии имеют значительную меридиональную составляющую. Другими словами, можно сказать, что формирование продолжительности гроз происходят несколько по другим законам, хотя здесь и наблюдается некоторое сходство с положением изолиний на карте повторяемости гроз (рис. 2).

Так, упомянутому очагу высокой повторяемости гроз в юго-юго-восточной части города в ущелье р. Малой Алматинки соответствует область с наибольшей продолжительностью гроз: 56,7 часов/год. Второй области высокой повторяемости гроз юго-западнее города у входа Большой Алматинки соответствует такая же область высокой продолжительности

(около 55 часов/год), которая только частично находится в пределах рассматриваемого района. Можно предположить, что причины совпадения очагов гроз по продолжительности и по повторяемости одинаковы. Иначе объяснить, такое положение гроз сложно.

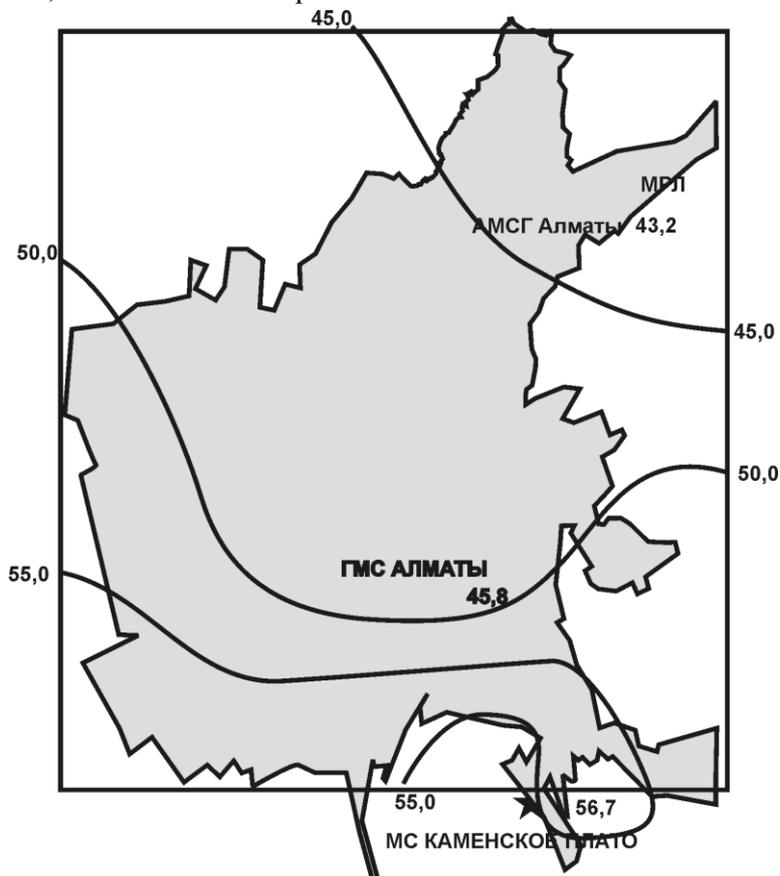


Рис. 3. Продолжительность гроз на территории города Алматы (часов за год).

Изолиния продолжительности гроз 50 часов/год также проходит в центральной части города примерно вдоль проспекта Абая, как и изолиния повторяемости в 35 гроз/год. Однако и западнее и восточнее города продолжительность гроз заметно возрастает (особенно западнее) по сравнению с его центральной частью. Соответственно изолиния в 50 часов/год в западной части города ориентирована к северо-западу, а в восточной части города ориентирована к северо-западу, в восточной – к северо-востоку.

Изолиния с продолжительностью 45 часов/год проходит с северо-запада на юго-восток несколько юго-западнее аэропорта и с положением хребта, как можно видеть, не согласуется. Влияние гор на продолжитель-

ность проявляется в основном, видимо, через замедление, задержку воздушной массы у предгорий, при условии, естественно, что само явление грозы горами уже спровоцировано, гроза имеет место.

В заключение можно сказать следующее. И повторяемость, и продолжительность гроз в районе Алматы наибольшие у предгорий. Заилийского Алатау. Непосредственно в предгорьях и горах на повторяемость (и продолжительность) гроз влияют особенности рельефа – ущелья, отроги – с учетом их ориентации к набегающему потоку. В предгорьях и на прилегающей территории, т.е. с удалением от хребта, влияние особенностей строения хребта опосредствуется, изолинии повторяемости ориентируются вдоль хребта, а снижение повторяемости замедляется с уменьшением уклона.

Области наибольшей продолжительности гроз, в общем, совпадают с областью наибольшей повторяемости, но различия, имеющие место, указывают, что замедленное движение воздушного потока у гор является главным фактором для продолжительности грозы, когда она уже началась. Для Алматы наибольшая повторяемость и продолжительность гроз отмечается в южной части города, особенно в районе ущелий Малой и Большой Алматинок, а также в восточной и западной частях города на меридиане этих ущелий и далее к западу. С уменьшением уклона местности наблюдается и уменьшение повторяемости и продолжительности гроз.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Казахской ССР. Т.1. Природные условия и ресурсы. – М.: Изд. ГУГК при СМ СССР, 1982. – 82 с.
2. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
3. Гельмгольц Н.Ф. Горно-долинная циркуляция северных склонов Тянь-Шаня. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 329 с.
4. Кендал М., Стьюарт А. Статистические выводы и связи. – М.: Наука, 1973. – 900 с.
5. Ким И.С. Об изменении повторяемости типов синоптических процессов Средней Азии // Метеорология и гидрология. – 2001. – №3. – С. 45-56.
6. Климат Алма-Аты / Под ред. А.Х. Ахмеджанова и Ц.А. Швер – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 262 с.
7. Климат Казахстана / Под ред. А.С. Утешева – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 368 с.
8. Научно-прикладной справочник по климату СССР / Вып. 18. Казахская ССР. Кн. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 440 с.

9. Научно-прикладной справочник по климату СССР / Вып. 18. Казахская ССР. Кн. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 514 с.
10. Правила устройства электроустановок. Законодательные акты и нормативные документы / Министерство энергетики Российской Федерации. Изд. 6. Переработанное и дополненное. – М.: Энергоатомиздат, 1986, – 648 с.
11. Хромов С.П., Мамонтов Л.И. Метеорологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат 1974 г. – 568 с.
12. Чередниченко А.В. Климатические характеристики гроз над юго-востоком Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 1999. № 3. – С. 37-46.
13. Чередниченко В.С. Радиометеорология и аэрология / Бишкек: Изд. КРСУ, 1998 г. – 632 с.
14. Чередниченко А.В. Аэросиноптические условия выпадения ливневых осадков в горах // Современные проблемы геоэкологии и зооологии. – Алматы: Вестник КазГУ. – 2001. – Вып 1, Серия географическая. – С. 270-275.
15. Чередниченко А.В. Аэросиноптические условия выпадения ливневых осадков на северном макросклоне Заилийского Алатау. // Вестник КазГУ. – 2000. – Вып. 2. – С. 64-73.
16. Чередниченко А.В. Об аэросиноптических условиях образования ранних гроз над юго-востоком Казахстана // Актуальные проблемы географии Республики Казахстан. Алматы, Изд. КазГУ им. аль-Фараби – 1998. – С. 49-57.
17. Чередниченко А.В. Карта грозовой деятельности на территории Алматинской области с выделением аномальных зон // Гидрометеорология и экология. – 2004. Вып. 3. – С. 17-28.

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата

АЛМАТЫ САЛАСЫНЫҰ ТЕРРИТОРИЯСЫНДАҒЫ НАЙЗАҒАЙДЫҰ  
БЕЛСЕНДІЛІГІ ТУРАЛЫ

Геог. Ұлымд. канд.

А.В. Чередниченко

*КҰлемі кішкентай территорияларда найзағай белсенді аймақтарды дәлдеу „дісі Алматы жаласы Ғшін апробацияланған және оны ұн, тижеінде екі карта жасалынған.*

УДК. 501.515.4

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАЧНОСТИ И ГРОЗ В ЗОНЕ  
ДЕЙСТВИЯ АЛМАТИНСКОГО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО  
РАДИОЛОКАТОРА**

А.С. Кудайбергенова

А.В. Манузина

Канд. геогр. наук А.В. Чередниченко

*Выявлены закономерности пространственного распределения общей, конвективной облачности и гроз в зависимости от удаления от горного хребта Заилийского Алатау, а также суточный ход всей облачности и гроз в теплый период года.*

Конвективные облака и связанные с ними грозы представляют большую опасность для авиации, поэтому изучению конвективной облачности и прогнозу гроз, а также ливневых осадков уделяется много внимания. Чрезвычайно важно также знать распределение повторяемости конвективной облачности над различными районами, что позволит судить о степени безопасности полетов над ними. Кроме того, с нею тесно связана повторяемость ливневых осадков, что представляет интерес для сельского хозяйства и других отраслей экономики.

Повторяемость конвективной облачности и другие ее характеристики достаточно хорошо изучены по данным наблюдений метеорологических станций [1, 3, 5, 6, 9]. Однако эти данные обладают одним существенным недостатком: метеостанции отмечают наличие конвективной облачности, начало и конец выпадения осадков, гроз, но к сожалению, местоположение облачности не фиксируется. Кроме того, сеть метеостанций все еще редка, а очаги гроз имеют относительно небольшие пространственные размеры, поэтому многие грозы вообще не фиксируются. Метеорологические радиолокаторы стали основным орудием исследования целого ряда атмосферных явлений [2, 6, 10, 11, 12].

Целью данного исследования было изучение особенностей пространственного распределения облачности и гроз в районе Алматы по данным МРЛ за май, июнь, июль 2002 г. Исходным материалом при исследовании служили радиолокационные данные, полученные за период май-июль 2002 г. с помощью метеорологического радиолокатора МРЛ-1, установленного в аэропорту г. Алматы. По этим материалам наблюдений

изучалась вся облачность, конвективная облачность, а также связанные с ней грозы в этом районе, подсчитывалось число случаев по квадратам 30×30 км за месяц. Затем были построены карты пространственного распределения, на основе которых проводился анализ.

Был проведен анализ суточного хода повторяемости общей облачности, конвективной облачности и гроз по широтным полосам. Для этого подсчитывалась повторяемость вышеперечисленных характеристик в синоптические сроки суммарно по широтным полосам 60 км каждая, что сделать по данным наблюдений МРЛ совсем не трудно [1, 7, 10, 12]. Эти полосы оказываются практически параллельными горному хребту Заилийский Алатау и появляется возможность проследить, как меняется повторяемость рассматриваемых характеристик с удалением от гор (рис. 1). При этом осреднение повторяемости (или суммирование) позволяет избавиться от мелких второстепенных пульсаций вдоль полосы.

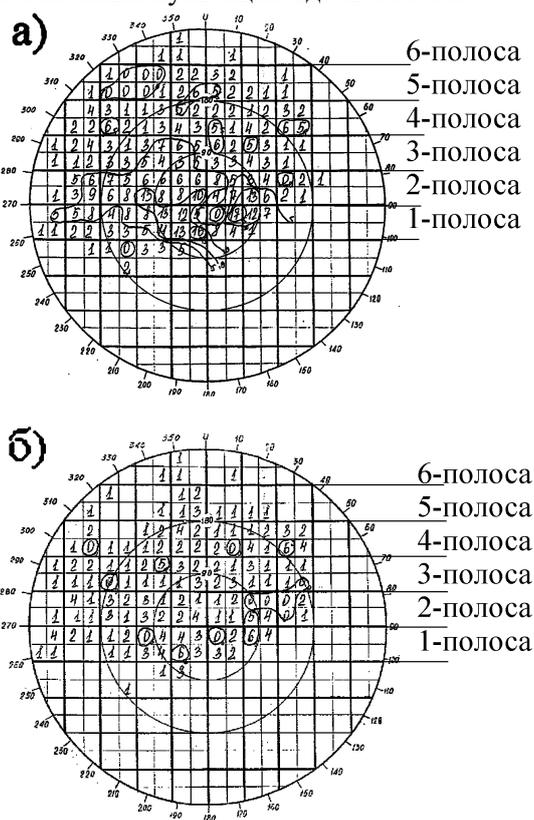


Рис. 1. Карта пространственного распределения конвективной облачности и гроз в мае за все сроки по квадратам. С указанием широтных полос (а – конвективная облачность; б – грозы).

Для этого строились графики суточного хода всей облачности, конвективной и гроз для каждого месяца отдельно (рис. 2). Для построения графиков использовались результаты наблюдений за облачностью в синоптические сроки 0, 3, 6, 9, ..., 21 ч, с тем чтобы в дальнейшем можно было связать наши результаты с данными наземной сети.

Можно видеть, что в суточном ходе повторяемости общей облачности и конвективной существуют два максимума: основной во второй половине дня (142 квадрата) и вторичный в утренние часы (111...112 квадратов). Минимум облачности приходящийся на 6 часов выражен ярко. Основной максимум в мае имеет место около 16 часов, в июне он смещается на 15 ч, а в июле максимум повторяемости общей облачности приходится на 12 ч. Вторичный максимум повторяемости общей и конвективной облачности выражен относительно слабо, а в июле – хорошо. При этом время его появления перемещается с 3 ч (в мае) на 6...7 ч в июне. В июле, однако, этот максимум, будучи выражен также хорошо как в июне, наблюдается снова в 3 ч. Суточный ход повторяемости гроз в мае в общих чертах повторяет ход повторяемости конвективной облачности. В июне и июле, однако, вторичный максимум повторяемости гроз не выражен. Кроме того, в июле этот максимум оказывается растянутым на всю вторую половину дня.

В [9] показано, что в районах с недостаточным влагосодержанием максимум повторяемости гроз наблюдается не в часы наиболее благоприятные для термической конвекции, а несколько раньше этого времени или позже. Автор объясняет это быстрым ростом температуры воздуха, в результате чего воздух быстро уходит от состояния насыщения и интенсивное облакообразование оказывается невозможным. Вечером же при понижении температуры воздуха, несмотря на некоторое ослабление термической конвекции облакообразование имеет место. То же можно сказать и об утренних часах.

Мы, в нашем случае, можем видеть, что в мае, когда содержание влаги в атмосфере еще высокое, снижение повторяемости конвективной облачности в полдень почти не заметно, в июне оно значительное и просматривается в июле. Более глубокий анализ суточного хода повторяемости облачности и гроз можно сделать, привлекая синоптический материал, что не входило в нашу задачу.

Поскольку наибольший интерес для нас представляет гроза, так как является опасным явлением, связанным с наличием конвективной облачности. Как известно конвективное облако может достигать достаточной степени вертикального развития и в нем при определенных условиях возникают и продолжаются в течение некоторого времени электрические разряды. Эти разряды могут происходить между соседними облаками или между облаком и землей [4].

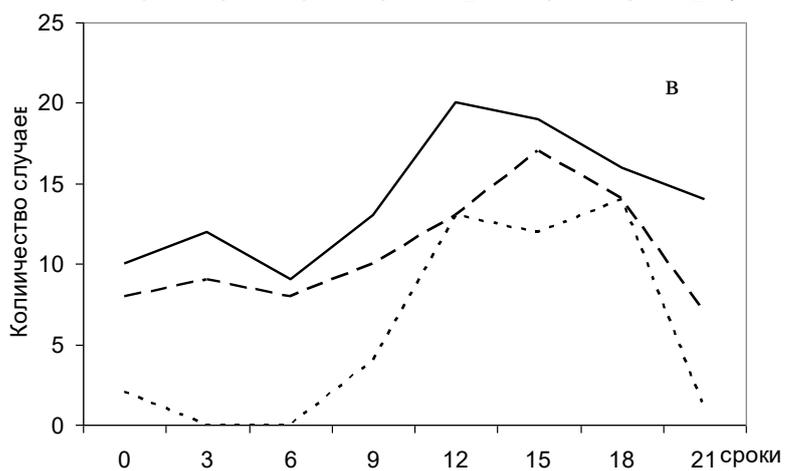
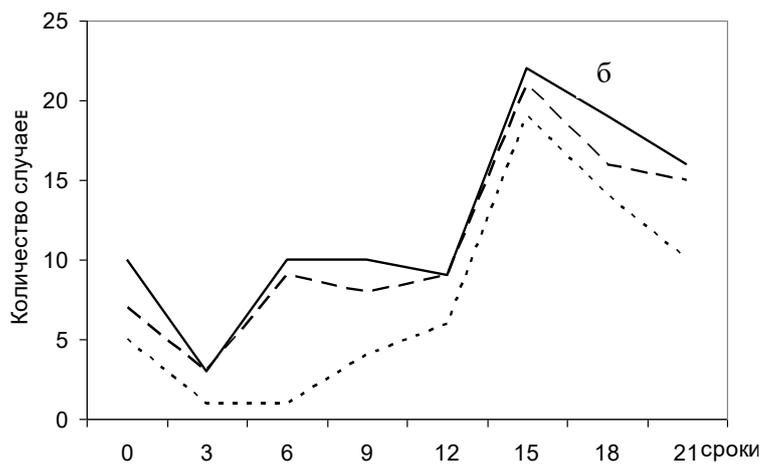
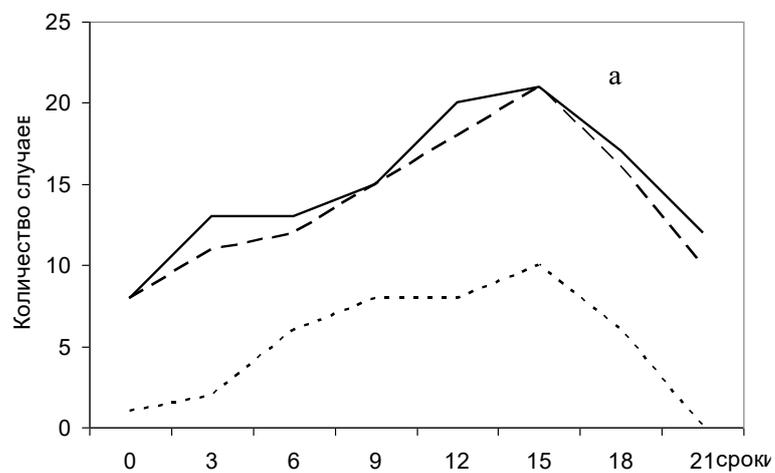


Рис. 2. Суточный ход изменчивости общей и конвективной облачности, гроз (во всей зоне наблюдений). а – май; б – июнь; в – июль.

Как видно на графике, (рис. 2), в основном, грозовая деятельность наблюдается в послеполуденные часы – с 12 до 18 часов, максимум приходится на 15 часов (63 занятых квадрата). При всем этом, заметим, что в 03 и 06 часов грозы не наблюдаются вообще, а в 21 и 00 часов они все-таки фиксируются. Всего в мае 2002 г. было 14 случаев с грозами, которые пришлось на 18 ч, 13 и 12 случаев – на 12 и 15 ч соответственно.

Также нами рассматривалась повторяемость по срокам для мая в числе клеток 30×30 км всей облачности и конвективной, включая грозы. Оказалось, что в 20 случаях вся облачность была зафиксирована в 12 ч; в 19 случаях она отмечалась в 15 ч и 16 случаях – в срок 18 ч. В срок 00 и 03 вся облачность имела место в 10 и 12 случаев, тогда как в 06 ч – только 9 случаев.

Рассматривая количество дней с конвективной облачностью, можно видеть, что в 17 случаях она отмечалась в 15 ч, в 14 случаях – в 18 ч и в 13 случаев – в срок 12 ч. Указывать на то, что конвективная облачность в какое-либо время суток не наблюдалась вообще не приходится, так как в 10 случаях она фиксировалась в 09 ч; 9, 8 и 7 раз – в сроки 00, 03, и 06 ч соответственно. Аналогичная работа выполнена также для июня и июля и получены схожие результаты, однако количество случаев здесь немного отличается от мая.

Далее нами был проведен анализ суточного хода повторяемости всей, конвективной облачности и гроз по широтным полосам. Для этого подсчитывалась их повторяемость в синоптические сроки суммарно по полосам шириной в 60 км каждая (рис. 1). На рис. 3 представлена повторяемость всей облачности по широтным полосам.

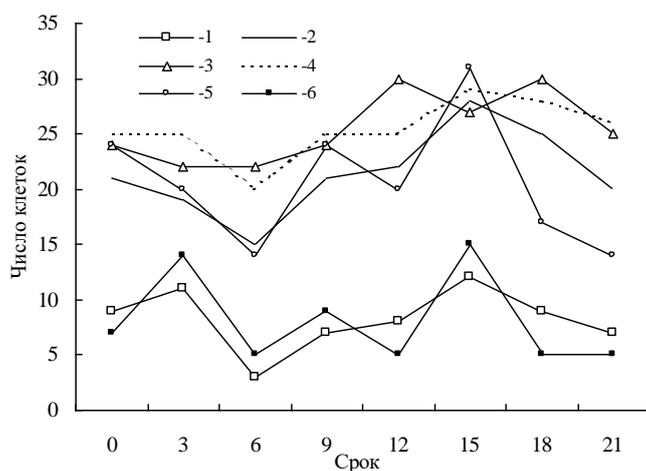


Рис. 3. Повторяемость общей облачности по широтным полосам.  
1 – 1 полоса, 2 – 2 полоса, 3 – 3 полоса, 4 – 4 полоса, 5 – 5 полоса, 6 – 6 полоса.

Оказалось, что в суточном ходе повторяемости всей облачности максимум имеет место в всех полосах в разное время суток и выражен не одинаково в зависимости от удаления от горного хребта. В предгорьях (первая полоса) он отмечается в 15 ч по местному времени. Ближе к горам Заилийского Алатау повторяемость общей облачности резко возрастает, а затем, с удалением от гор постепенно ослабевает (третья полоса), и вновь возрастает, он достигает наибольшего значения в 160 км севернее МРЛ (четвертая полоса). Обусловлено это, влиянием предгорий Джунгарского Алатау, что подтверждается [8].

Интересная особенность, замеченная в ходе исследования, состоит в том, что во всех полосах в 12 ч по местному времени отмечается минимум облачности, тогда как во второй полосе (30 км севернее МРЛ) наблюдается максимум облачности. Возможно, это связано со своеобразным влиянием горного хребта Малайсары. Однако, нельзя исключать и другие факторы, такие как бризовая циркуляция Капчагайского водохранилища, в любом случае этот вопрос требует дополнительных исследований.

Далее, по графику, (рис.4) можно проследить повторяемость конвективной облачности по широтным полосам.

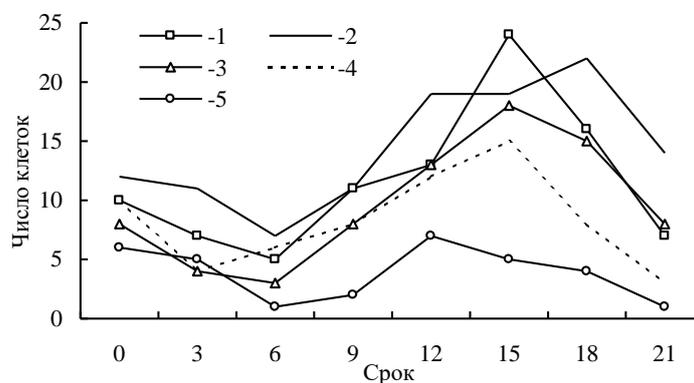


Рис. 4. Повторяемость конвективной облачности по широтным полосам. 1 – 1 полоса, 2 – 2 полоса, 3 – 3 полоса, 4 – 4 полоса, 5 – 5 полоса.

Максимум повторяемости конвективной облачности по широтным полосам, в основном, отмечается в 15 ч по местному времени. Вместе с тем, имеют место максимумы отмечаемые в 00, а затем в 12 ч. Интересен ход повторяемости конвективной облачности во второй полосе, т.е. от 0 до 60 км севернее МРЛ. Здесь максимум растянут на всю вторую половину дня с наибольшей повторяемостью в 18 ч. Повторяемость гроз по широтным полосам, в основном повторяет, распределение конвективной облачности (рис. 5).

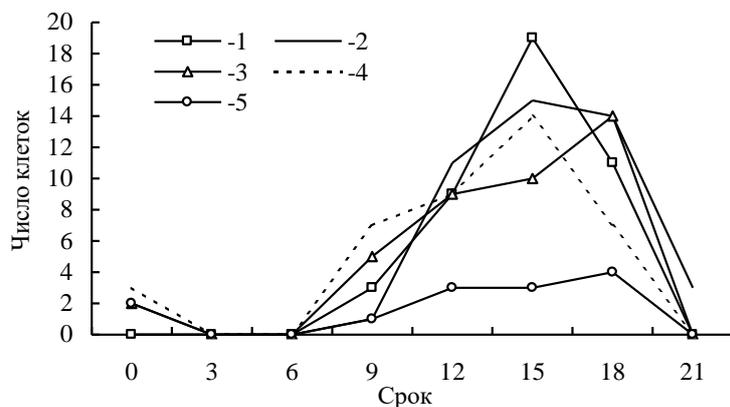


Рис. 5. Повторяемость гроз по широтным полосам. 1 – 1 полоса, 2 – 2 полоса, 3 – 3 полоса, 4 – 4 полоса, 5 – 5 полоса.

Максимум повторяемости гроз в точности соответствует максимуму повторяемости конвективной облачности и отмечается также в 15 ч, что естественно, так как наличие гроз связано только с конвективной облачностью. В то же время максимум повторяемости гроз выражен ярче, чем конвективной облачности, за счет того, что в ночные и утренние часы повторяемость гроз в большинстве полос близка к нулю, что не характерно для конвективной облачности. На ночные грозы в пустынях, причем часто довольно интенсивные хотя и редкие, указывается в [4]. Как видно, это характерно и для пустынь Южного Прибалхашья, так как в этих районах имеет место повторяемость гроз в ночные часы (00 часов). Существование максимумов во второй и третьей полосах, что в 260 и в 90 км севернее МРЛ в срок 09 объясняется тем, что в степных районах конвекция начинается намного раньше.

На следующем этапе работы по результатам проведенного анализа были построены карты пространственного распределения конвективной облачности и гроз. Повторяемость конвективной облачности характеризуется большой пространственной изменчивостью. Поэтому информация о ее распределении представляет большой практический интерес. На рис. 1 приведено распределение повторяемости конвективной облачности и гроз в зоне наблюдений МРЛ в мае. Распределение повторяемости этих характеристик в другие месяцы описано в тексте. Результаты расчетов повторяемости представлены на картах (рис. 1).

На картах нанесены значения суммы числа случаев за все сроки по квадратам и путем интерполяции проведены изолинии, которые четко по-

казывают распределение. Аналогичные карты были построены также для июня и июля, которые в общих чертах согласуются с картами для мая. В данной работе был выполнен анализ пространственного распределения всей, конвективной облачности и гроз по данным метеорологического радиолокатора в районе Алматы за май 2002 года.

Было установлено, что важное значение на распределение конвективной облачности, оказывает орография местности; одним из главных факторов, влияющих на распределение конвективной облачности является также сезон года. Так, в предгорьях летом повторяемость конвективной облачности сравнительно высока, а весной она ниже, так как к этому времени поверхность склонов еще недостаточно прогрелась, снеговая линия расположена довольно низко, что препятствует конвекции.

В ходе анализа был получен вывод, который сформулирован в [8, 9]: ввиду особенностей орографии и воронкообразного движения воздушных масс в регионе, высокая повторяемость гроз имеет место у юго-западных склонов Джунгарии и по западу региона; наиболее грозоопасными являются северные и северо-западные склоны гор Заилийского Алатау, а в зоне ледников и прилегающих к ним территориях повторяемость гроз близка к нулю.

При анализе суточного хода повторяемости общей облачности оказалось, что в суточном ходе максимум повторяемости всей облачности имеет место в различное время суток и выражен по-разному в зависимости от удаления от горного хребта. Отмечено, что во всех полосах в 12 часов по местному времени отмечается минимум облачности, тогда как в четвертой полосе (30 км севернее МРЛ) наблюдается максимум облачности. Объяснение этого явления требует дальнейшего, более углубленного изучения процессов.

Максимум повторяемости гроз в точности соответствует максимуму повторяемости конвективной облачности и отмечается также в 15 часов, что естественно, так как наличие гроз связано только с конвективной облачностью. Существование максимумов во второй и третьей полосах, что в 260 и в 90 км севернее МРЛ в срок 09 объясняется тем, что в степных районах конвекция начинается намного раньше. Интересным является и тот факт, что именно в этих районах имеет место повторяемость гроз в ночные часы (00 часов).

Более тщательный анализ распределения повторяемости конвективной облачности может быть произведен на основе сопоставления данных наблюдений метеорологического радиолокатора с данными метеостанций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батиста Л., Колосков Б.П., Перера А., Руденко Ю.И. Результаты исследований радиолокационных характеристик конвективных облаков и осадков на Камагуэйском метеополигоне // Труды ЦАО, 1992. – В. 177. – С. 81–92.
2. Калинин Н.А., Смирнова А.А. Численный анализ данных радиолокационных и станционных измерений облачности // Метеорология и гидрология. – 2003. – №7. – С. 31-39.
3. Корольков А.М. Оценка корреляционных функций сумм осадков по радиолокационным данным // Метеорология и гидрология. – 2000. – №5. – С. 40-46.
4. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 876 с.
5. Петров В.И. Структура полей радиоэха конвективных облаков в прибрежной полосе северо-западной части Черного моря // Метеорология и гидрология. – 1996. – №2. – С. 70-77.
6. Чередниченко В.С. О методике расчета повторяемости радиоэха конвективной облачности в дальней зоне и особенности ее распространения в районе Алматы // Труды КазНИГМИ. – 1992. – Вып. 111. – С. 87-95.
7. Чередниченко В.С. Условия образования и динамика радиоэха облачности мезомасштабного конвективного комплекса в районе Балхашской котловины // Труды КазНИГМИ, 1992. – Вып. 111. – С. 73-80.
8. Чередниченко А.В. Карты грозовой активности на территории Алма-тинской области с выделением аномальных зон // Гидрометеорология и экология. – 2004. – №3. – С. 17-28.
9. Чередниченко В.С. Использование информации метеорологических радиолокаторов в анализе атмосферных фронтов // Труды КазНИГМИ, 1989. – 107 с.
10. Чередниченко В.С. Особенности распределения радиоэха облаков над северо-восточными районами Приаралья // Труды КазНИГМИ. – 1988. – Вып.102. – С. 28-39.
11. Чередниченко В.С. Радиометеорология и аэрология. – Бишкек, 1998. – 631 с.
12. Чередниченко В.С. Типизация радиоэха облачности в дальней зоне МРЛ применительно к анализу атмосферных фронтов // Труды КазНИГМИ. – 1990. – Вып.106. – С. 43-55.

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата  
Казахский национальный университет им. аль-Фараби

АЛМАТЫ МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫС РАДИОЛОКАТОРЫНЫҰ ...РЕКЕТ  
АЙМАҒЫНДАҒЫ БҰЛТТЫЛЫС ПЕН НАЙЗАҒАЙДЫҰ ТАРАЛУЫ

А.С. СҒдайбергенова

А.В. Манузина

Геог. Ылымд. канд.

А.В. Чердниченко

*Іле Алатау тау жотасынан алыстаJan сайын жалпы, кон-  
вективті бҰлттылыј пен найзаJайдыҰ кеҰістік бойынша таралуы-  
ныҰ заҰдылыјтары ж.,не жылдыҰ жылы кезеҰінде барлыј бҰлт-  
тылыј пен найзаJайдыҰ т.,уліктік жҒрісі келтірілген.*

UDK 551.509.318

**PHYSICAL PATTERNS IN DYNAMICS OF ATMOSPHERIC  
PROCESSES AND LONG-TERM AGROMETEOROLOGICAL  
FORECASTS BY THE EXAMPLE OF SPRING WHEAT IN  
NORTHERN KAZAKHSTAN**

Dr. of Geogr. Sci.

L.V. Lebed

Full Gr. of Geogr. Sci.

B.S. Stepanov

Ph. Dr.

P.C. Doraiswamy

*Article presents analysis of some methodological approaches to make long-term agrometeorological forecasts based on the patterns of the dynamics of atmospheric processes in Northern Kazakhstan and West Siberia which form the weather in these regions. Such patterns were revealed by Russian and Kazakhstan scientists in the 80s of the last century. Authors of the articles continued researches in this direction and specified the patterns of weather dynamics over Northern Kazakhstan. First of all it refers to dynamics of atmospheric precipitation in cold and warm months with account for periodicity of solar activity fluctuations during 1961...2001. Authors developed weather scenarios which allow assessing the most probable productivity of spring wheat and phyto-sanitary conditions of the agricultural lands before sowing period. The researches were implemented within the framework of partner project K-444p, 2001...2004 from the International Scientific and Technology Center (ISTC).*

Agriculture in Kazakhstan is characterized by a high level of risk because of rather dry and unstable climate. Analysis of climate dynamics in Kazakhstan showed that during last decade the frequency of weather extremes has increased and consequently increased the risk for agriculture. According to opinion of Kazakhstani scientists G. Chichasov [3], O. Pilifosova, I. Yesserkepova, and S. Dolgikh [8] such dynamics can be explained by the observed air temperature increase during last decades (by 0,2 °C per 10 year in average) along with the significant uncertainty in change of precipitation and other climatic parameters, In this relation the demand for weather and climate forecasts increases as well as for the specialized agrometeorological forecast for the agricultural needs. Agrometeorological forecasts of spring wheat productivity become of great importance since the area under this crop in Kazakhstan was about 10 million hectares in 2003.

In the dry climate of Northern Kazakhstan on condition that recommended farming practices are followed, the productivity of spring wheat is defined first of all by amount of precipitation. Analysis of observation data from meteorological stations and national statistics for long-term period showed a rather close relation between productivity and precipitation fallen in December-July. Authors of article revealed that in years with normal and high precipitation in December – July the probability of productivity along trend line and higher amounts to 88 % and 99 % in Kostanay and Akmola oblasts, correspondingly. Annual distribution of precipitation plays significant role in water supply to growing spring wheat as it is shown in Table 1. This table presents possible fluctuations in productivity of spring wheat depending on precipitation distribution in the first half of vegetation period (May-July) and soil moisture reserve for spring which forms from solid precipitation of the preceding cold period. Assessment was made for rather large areas in oblasts allowing smoothing the impact of soil and equipment differences on wheat productivity.

Table 1

Estimation of possible yield of spring wheat (t/ha) taking into account soil moisture in spring and precipitation distribution during vegetation in Northern Kazakhstan

Distribution of precipitation	Quantity of soil moisture in 1- meter layer, mm			
	≤ 115	116...140	141...165	> 165
May-June less Norm July less Norm	0,2 – 0,4	0,4 – 0,7	0,5 – 0,8	0,7 – 0,9
May-June equal and more Norm July less Norm	0,5 – 0,8	0,6 – 0,9	0,7 – 1,0	0,8 – 1,1
May-June less Norm July equal and more Norm	0,6 – 0,9	0,7 – 1,0	1,0 – 1,2	1,2 – 1,4
May-June equal and more Norm July equal and more Norm	0,9 – 1,1	1,0 – 1,3	1,2 – 1,5	1,4 – 1,8

Table shows that productivity of spring wheat in Northern Kazakhstan changed from 0,2...0,4 to 1,6...1,8 t/hectare (five times) depending on the agrometeorological conditions of the particular year. Precipitation of warm period contribute more to the water supply than precipitation of the cold period. With the normal soil moisture reserves for spring, productivity changes by 2...2,5 times depending on the amount of precipitation in May-July. On the other hand if precipitation in warm period is normal productivity changes only by one and a half times depending on the cold period precipitation (or soil moisture reserves for spring). The role of soil moisture reserves in spring to supply

water to growing plants increases during vegetation period with no rainfall. However yields in such years are rather low and usually do not exceed 0,7...0,9 t/hectare even with high soil moisture reserves in spring. In years with high precipitation during summer productivity of spring wheat is always more than 0,9...1,1 t/hectare even with soil drought during sowing period.

The forecasts of crops productivity prepared before sowing period are the most effective among other agrometeorological forecasting practices. Since precipitation is the major climatic parameter affecting the productivity of spring wheat in Northern Kazakhstan, the most important issue in this respect becomes the long-term forecasting of precipitation amount and its annual distribution.

Development of methods for long-term weather forecasting including precipitation is a rather difficult task. According to M. Petrosyants [7] the major reasons of low justification of long-term weather forecasts are the following:

- wide range of spatial and temporal atmospheric disturbances that form the weather in every point;
- global nature of atmospheric impacts affecting the weather;
- variety of processes and scopes of energy conversion from one form into another;
- numerous forms of interaction between atmosphere and complex underlying surface.

According to S. Vorobiova [10], M. Baydal [1], V. Passov [6], G. Chichasov [3] long-term weather forecasts and related long-term agrometeorological forecasts are based on the assumption that rather large and long-lasting weather extremes form from preceding development of atmospheric processes in the northern hemisphere and the whole atmosphere. The absence of precise theoretically sound idea about the extent to which atmospheric circulation during before-vegetation period affects the weather in summer and productivity of spring wheat leads to the empirical assessment of this extent using statistical methods.

In this connection it is worth noticing several practical approaches to forecast productivity of spring wheat in Northern Kazakhstan for the long term on the basis of analysis of circulation processes in atmosphere. According to V. Passov, Aksarina and Zinchenko [5] deviation of spring wheat productivity can be estimated basing on equation that accounts for integral indices of atmosphere circulation over northern hemisphere at 100 gPa level in December – February.

Another approach is forecasting productivity of spring wheat in Northern Kazakhstan using data on atmospheric circulation for December – April and solar activity [9]. Possibility of practical application of the proposed approach to forecast productivity of spring wheat in the long term authors justify with a rather high correlation between actual and estimated productivity reaching 0,86 at the descending curve of the solar activity.

The results of studies on the long-term forecasts of weather show the important impact of underlying surface on atmospheric processes. G. Chichasov [3] revealed that snow cover plays an important role in forming the weather in Kazakhstan in spring and first half of summer. If snow cover is significant by the end of the winter great part of solar energy is spent for snow melting and evaporation and only to lesser extent for increasing the soil temperature and lower air. Snow cover may strengthen or weaken the impact of major climate and weather forming factors in Kazakhstan. The greatest impact snow cover has on the spring thermal regime, and also it may affect the formation of weather in summer. Particularly, the scientist after winters with high snow, precipitation in July usually are normal or high. After winters with low snow July and August are usually dry. G. Chichasov assesses the impact of snow cover on weather in Kazakhstan to be the same as impact of Arctic seas ice cover.

Basing on the fact that statistical patterns in the course of atmospheric circulation are of the temporal nature due to active rebuilding processes in the atmosphere of the northern hemisphere [2, 3], the authors of the article tried to specify relations between atmospheric processes and productivity of spring wheat in Northern Kazakhstan using data for 1961...2001. The need for recent assessment of these relations is justified by rise in frequency of meridian processes and increase of precipitation in Kazakhstan at the end of the last century [4]. Besides that, the observed in 70...80 s patterns in dynamics of weather and spring wheat productivity in Northern Kazakhstan, also could change due to significant decrease of area under spring wheat, its territorial shift, changes in sowing terms and farming practices in middle 90 s.

Authors of the article considered the possibility to apply actual amount of precipitation during cold period for forecasting productivity of spring wheat with lead time of four-five months as more informative predictor than indices of atmospheric circulation. Such decision is based on the fact that winter precipitation, content information on soil moisture during sowing period. Besides, winter precipitation, being formed from atmospheric circulation in cold period and underlying surface content additional forecasting information about the weather for vegetation period and corresponding spring wheat productivity. This hypothesis was confirmed by the analysis of long-term data series of precipitation for cold period (December-March) and warm period (May – July), and productivity of spring wheat for 1961...2002.

Taking into account the area of the studies territory and atmospheric processes, multi-year cyclic climate variations and rather long lead term of productivity fore-

casts authors decided to present analyzed values of precipitation by 5 gradations: < 85 % (Dry); 85...115 % (Norm); < 115 % (Norm-Dry); > 85 % (Norm -Humid) ; > 115 % (Humid) of the normal value, which is the arithmetic average. Before analyzing relations between meteorological values and productivity of spring wheat authors divided initial sample by phases of solar activity (ascending and descending branches), which were estimated through annual values of Volf numbers.

Table 2 presents scenarios of the most probable distribution of precipitation in Northern Kazakhstan during cold and warm seasons as the result of interactions of macro-circulation atmospheric processes over the northern hemisphere during six-seven months. It is an important result that authors separated July precipitation out of total amount of precipitation for vegetation period May-July so long as they play determinant role in forming of spring wheat productivity (Table 1). Also analysis of multi-year meteorological data proved the relation between spring nature and precipitation in May-June at the ascending branch of solar activity. Analysis showed that after warm spring precipitation in May-June are within normal value of bigger if precipitation in December-March were lower than normal value, which is not true for cold springs. As the result of patterns of annual precipitation distribution in Northern Kazakhstan Table 2 presents also possible annual distribution of spring wheat productivity and distribution of disease – leaf rust and septoriosi at the sowing.

Table 2

Scenarios of probable distribution of precipitation in cold and warm seasons and yield of spring wheat by solar activity phases in Northern Kazakhstan

Phase of solar activity	Precipitation (%)			Yield (%)	Spreading (%)	
	cold period	may – june	july		leaf rust	septoriosi
I	> 115	≥ 85	≥ 85	> 130	30...60	50...70
I	85...115	≥ 85	< 85	86...125	5...30	30...60
I	< 85	≥ 85	< 85	80...130	5...30	30...60
II	> 115	< 85	< 85	51...85	5...20	30...45
II	85...115	85...130	< 85	86...125	10...30	30...70
II	85...115	< 85	85...130	81...125	10...25	30...50
II	< 85	≤ 115	< 85	≤ 50	5...30	30...50
II	≥ 85	> 115	< 115	86...125	5...40	30...70
I...II	< 85	≤ 115	≥ 85	51...85	15...60	35...60

Probability of relations among precipitation of pre-vegetation period, precipitation of vegetation period and productivity of spring wheat are estimated to be from 85 to 88 % for Northern Kazakhstan. Testing of the developed scheme with the help of 2002...2004 data confirmed the relations. It was re-

vealed in the study that during last five years 1999...2003 in the area there were favorable weather conditions for the formation of large yield of spring wheat. On the other hand, successive wet vegetation periods due to summer precipitation contributed to wide spread of the diseases of spring wheat, which lead to yield losses and reduction of grain quality.

The revealed patterns of precipitation distribution in cold and warm seasons as results of physical patterns in dynamic of atmospheric processes in Northern Kazakhstan can be used for the background forecast of spring wheat production (before sowing period) and phyto-sanitary state of plants for the vegetation. However, due to limited number of partial samplings of meteorological values the results require further improvement and adjustment using additional information on atmospheric circulation in northern hemisphere and over of Kazakhstan.

#### REFERENCES

1. Baydal M. Kh. Long-term forecasts of weather and climate variations in Kazakhstan. – L.: Hydrometeoizdat, 1964. – 446 p. (in Russian).
2. Bolotinskaya M. On the issue of forthcoming change of atmospheric circulation. / In Proceedings of Arctic and Antarctic Research Institute of State Hydrometeorological Committee of the USSR. – 1986. – Issue 393. PP. 16-21 (in Russian).
3. Chichasov G.N. Technology of long-term weather forecasting. SPb.: Hydrometeoizdat, 1991. – 288 p. (in Russian).
4. Chichasov G.N., Shamen A.M. Long-term climate changes and consequences for grain production in Kazakhstan. / Hydrometeorology and Ecology. – 1997. – № 3. PP. 29-42 (in Russian).
5. Pasov V.M., Aksarina E.A., Zinchenko V.P. Guidelines to forecast the productivity of spring wheat before sowing in major farming areas. – M.: – 1985. – 39 p. (in Russian).
6. Pasov V.M. Yield variability and estimations of probable productivity of cereal crops. – L.: Hydrometeoizdat, – 1986. – 150 p. (in Russian).
7. Petrosyants M.A. Weather service and prospective for its development. / In Problems of modern hydrometeorology. L.: – 1977. – PP. 46-52 (in Russian).
8. Pilifosova O., Yesserkepova I., Dolgikh S. Regional Climate Change Scenarios under global warming in Kazakhstan. / J. Climate Change. – 1997. – Issue 36. PP. 23-40 (in English).
9. Pokrovskaya T.V., Chichasov G.N. Experience in forecasting of spring wheat productivity in Northern Kazakhstan using data on atmospheric circulation and solar activity. / In Proceedings of Kazakh Research Institute of State Hydrometeorological Committee of the USSR. – 1982. – Issue 83. PP. 104 - 111 (in Russian).
10. Vorobiova S.V. Conjugation of atmospheric processes in northern hemisphere. – L.: Hydrometeoizdat, – 1962. – 115 p. (in Russian).

Kazakh Research Institute of Ecology and Climate

**ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ДИНАМИКЕ  
АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ И ДОЛГОСРОЧНЫЕ  
АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ (НА ПРИМЕРЕ  
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ)**

Канд. геогр. наук	Л.В. Лебедь
Доктор геогр. наук	Б.С. Степанов
Канд. геогр. наук	Р.С. Дораисвами

*В статье рассматриваются отдельные методические подходы, применяемые в агрометеорологическом прогнозировании на длительный период. Они начали разрабатываться в 80...90-ых годах прошлого столетия и основаны на закономерностях в динамике атмосферных процессов, которые формируют погоду на территории Северного Казахстана и Западной Сибири. Продолжая научные исследования в данном направлении, авторы статьи разработали сценарии возможного распределения атмосферных осадков, выпадающих в холодный и теплый периоды года на территории Северного Казахстана. Эти сценарии предполагается использовать перед посевом яровой пшеницы для оценки ожидаемой урожайности и фитопатологического состояния растений в вегетационный период. Результаты получены в рамках партнерского казахстанско-американского проекта от Международного научно-технического центра (ISTC).*

**АТМОСФЕРАЛЫҚ ПРОЦЕССТЕР ДИНАМИКАСЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ  
ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ ЖӘНЕ ҰЗАҚ МЕРЗІМГЕ  
АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ БОЛЖАУЛАР**

Геогр. ғылымд. канд.	Л.В. Лебедь
Геогр. ғылымд. доктор	Б.С. Степанов
ра	
Геогр. ғылымд. канд.	Р.С. Дораисвами

*Мақалада Солтүстік Қазақстанда және Батыс Сібірде болатын ауа райы және атмосфералық процесстері қозғалыстарының заңдылықтарын түбірге ала отырып, ұзақ мерзімге агрометеорологиялық болжаулар жасаудың кейбір әдістеріне талқылау жасалынған.*

*Бұд тәсілдер Ресей мен Қазақстанда өткен ғасырдың 80-шы жылдарында жасалынған. Авторлар бұл жұмысты ілгері дамытып, бидайды егу алдында оның өну-өсу және өсімдіктердің фитосанитарлық жағдайларын бағалап, жоспарлауға мүмкін ететін ауа-райы сценарийлерін жасады.*

*Жұмыстың нәтижесі Халықаралық ғылыми-техникалық орталығының (ХҒТО) Қазақстан-Америка жобасын орындауда алынған.*

УДК 551.524.34(574)

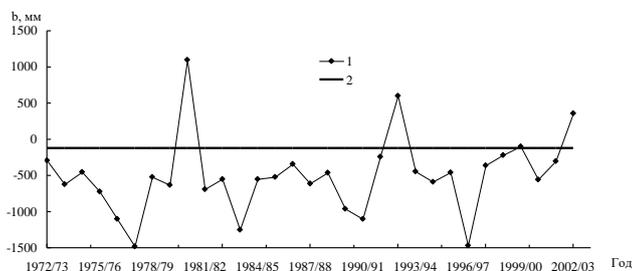
**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ КОЛЕБАНИЙ ГРАНИЦЫ ПИТАНИЯ НА ЛЕДНИКЕ ТУЮКСУ**

Л.А. Ерисковская

*Рассматриваются метеорологические условия экстремальных значений высот границы питания и их связь с балансом массы ледника Туюксу за период 1972...2003 гг.. Оценено влияние синоптических процессов (по типизации Б.Л. Дзердзиевского) на выпадение осадков за теплый (май – сентябрь) и летний (июнь – август) периоды.*

Как известно, ледники относятся к гляциогидрологическим объектам и подвержены влиянию климатических колебаний. Подробно это рассматривалось в статьях [3, 4, 5]. Особенно большой научно-практический интерес представляют метеопроцессы при экстремальных значениях годового баланса массы ледников. Для исследования этого вопроса использовались данные Института географии РК по репрезентативному, наиболее доступному и хорошо изученному леднику Туюксу [3, 5].

Положительный баланс массы ледника за период 1972...2003 гг. был в 1980/81, 1992/93, 2002/03 гг. – это благоприятные для оледенения годы, когда снеговая линия (граница питания) ледника была ниже средней многолетней, и на долю области питания приходилась большая часть площади ледника. Во все остальные годы указанного периода преобладал отрицательный баланс, особенно резко выраженный в 1977/78, 1983/84, 1990/91, 1996/97 гг. с максимально высоким положением границы питания ледника (рис. 1).



*Рис. 1. Ход баланса массы ледника (b, мм). 1 – средние многолетние значения баланса массы ледника за период 1879...2003 гг.; 2 – на леднике Туюксу ([6, 7]).*

Величина годового баланса массы ледника во многом обусловлена метеорологическими условиями. Для их оценки использовались наблюдения с 1972 по 2003 гг. по станции Туюксу. Проанализируем отдельно за благоприятные и неблагоприятные для оледенения годы, по основным метеоэлементам (табл. 1, 2).

Таблица 1

Средние значения метеорологических элементов по станции Туюксу за неблагоприятные для оледенения годы (1977/78, 1983/84, 1990/91, 1996/97)

Месяц	T, °C	T <sub>макс</sub> , °C	T <sub>мин</sub> , °C	A, °C	W, мм	N, сут.	F, %	H, см	Q, час	O, балл	V, м/с
Октябрь	-3,1	1,1	-7,0	8,1	82,2	14	52	11,0	154,5	4,5	1,3
Ноябрь	-8,1	-4,0	-12	7,7	45,9	10	42	43,8	118,8	4,0	1,7
Декабрь	-11,4	-8	-15	7,9	44,7	12	48	49,5	100,0	4,2	1,9
Январь	-14,4	-10	-18	7,9	27,9	9	47	63,0	109,1	4,0	1,6
Февраль	-15,0	-11	-18	8,1	21,7	11	53	60,9	145,1	4,2	1,6
Март	-9,1	-4	-14	9,7	46,8	18	57	74,0	152,0	5,0	1,4
Апрель	-2,8	2,7	-4,8	7,5	65,6	19	58	74,9	161,1	6,0	1,4
Май	0,2	4,4	-3,7	8,1	126,0	21	66	35,8	166,0	6,5	1,5
Июнь	3,7	7,6	0,3	7,4	156,5	20	69	5,7	165,0	6,0	1,5
Июль	6,5	10	3,0	7,4	106,0	14	63	0,2	193,8	4,3	1,3
Август	6,5	11	2,7	7,9	62,5	8	49	0,3	190,0	2,8	1,3
Сентябрь	2,4	6,4	-1,4	7,7	50,1	10	55	0,8	210,7	3,2	1,2
Σ	-45	6,2	-75	95	835,8	169	676	419,9	1866	55	17,5
Ср. месячное	-3,8	0,5	-6,2	7,9	69,7	14	56	35,0	155,5	4,6	1,5

*Примечание:* T – средняя месячная температура, A – амплитуда максимальной и минимальной температуры, W – осадки, N – число суток с осадками, F – относительная влажность, H – высота снежного покрова, Q – продолжительность солнечного сияния, O – общая облачность, V – скорость ветра, Σ – сумма за балансовый год.

Известно, что метеоэлементы зимних месяцев (за исключением осадков) не играют принципиальной роли в формировании баланса массы ледников. Для формирования баланса массы ледника основными метеоэлементами являются температура воздуха, осадки, продолжительность солнечного сияния, облачность за теплый период (с мая по сентябрь).

Из анализа табл. 1 и 2 следует, что главным фактором для баланса массы ледника Туюксу являются весенние осадки и особенно осадки летних месяцев. Температура, продолжительность солнечного сияния за теплый период в благоприятные годы по величине меньше, чем в неблагоприятные, а осадки, облачность – больше (табл. 3))))))))))



важно обильное выпадение твердых летних и весенних осадков, которые способствуют уменьшению абляции ледника в связи с увеличением альбедо поверхности и возрастанием затрат тепла на таяние свежеснежавшего снега. Область аккумуляции при этом увеличивается.

Различия в процентном отношении показаны на рис. 2.

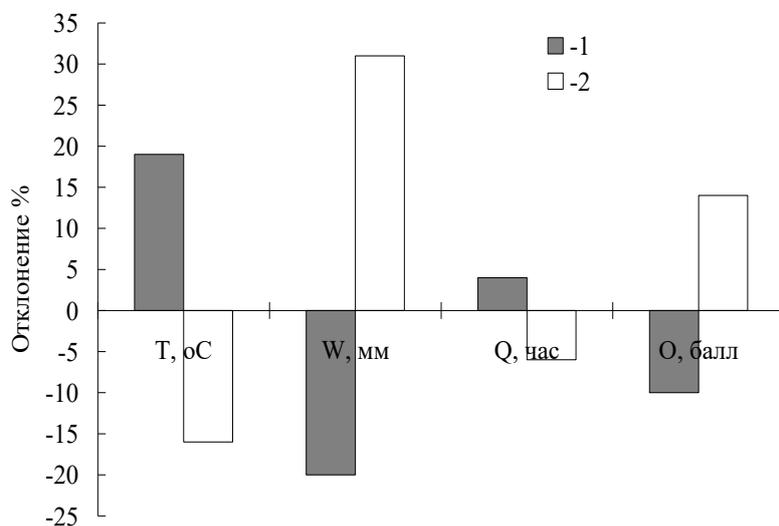


Рис. 2. Отклонения в % значений метеоэлементов от среднего значения за теплый период (май – сентябрь) с 1972...2003 гг. 1 – неблагоприятные годы, 2 – благоприятные годы.

За балансый год среднемесячная, максимальная и минимальная температуры, амплитуда максимальных и минимальных температур, продолжительность солнечного сияния и скорость ветра в благоприятные годы по величине меньше, а облачность, осадки, относительная влажность – больше, чем в неблагоприятные годы. Все эти факторы способствуют оледенению.

Основным фактором, определяющим количество осадков, являются синоптические процессы. Для анализа синоптических процессов использовалась типизация, разработанная Б.Л. Дзердзеевским для Северного полушария [1, 2]. Глобальная циркуляция атмосферы – одна из наиболее динамичных составляющих климатической системы. Количественная оценка ее изменения возможна на основе крупномасштабной типизации макроциркуляционных процессов. Б.Л. Дзердзеевским выделена отдельной группой меридиональная южная циркуляция – необычное состояние атмосферы с циклонической циркуляцией на полюсе, отсутствием блокирующих процес-

сов на полушарии и тремя-четырьмя одновременными выходами южных циклонов в разных секторах полушария. Именно с этой группой, продолжительность которой в настоящее время почти в четыре раза превышает среднюю многолетнюю величину, связано большинство метеорологических экстремумов, в том числе в Арктическом бассейне и в горных районах. Рост повторяемости южных циклонов, отличающихся малым радиусом действия, большими скоростями перемещения и резкими контрастами температуры на фронтах, вызвал увеличение амплитуды колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков в разных регионах, в частности, в горных в теплое время года [9]. В 2001 г. суммарная продолжительность ЭЦМ (элементарных циркуляционных механизмов) 12-го типа и чередование их с механизмами 13-го типа создала наилучшие условия для обострения атмосферных фронтов, формирования обильных осадков и резких контрастов температуры воздуха, а, следовательно, для более частого возникновения экстремальных природных явлений (лавины, сели, оползни, наводнения), что мы и наблюдаем в современный период [9]. При типе ЭЦМ 13л – полярное вторжение отсутствует, отмечается обширная депрессия над Арктическим бассейном, и циклоническая деятельность на континентах [10].

Для анализа синоптических процессов использовались данные из ряда источников [8, 9, 10, 11]. По этим данным подсчитывалось количество суток, при которых выпадают осадки, при различных типах циркуляции за теплый период – наиболее важный для формирования баланса массы ледника (табл. 4). При анализе табл. 4, видно, что наиболее часто осадки за теплый период выпадают при ЭЦМ 13л и обильное выпадение осадков также приходится на этот тип циркуляции. Наибольшее количество суток с выпадением осадков приходится на летние месяцы, в сентябре повышается зимний тип циркуляции 13з, в мае он появляется редко.

ЭЦМ 13л появился в начале 20-го столетия и количество суток с этим типом циркуляции быстро возрастает (рис. 3). В середине 90-х годов 20-го столетия начинается небольшой спад, но число случаев с данным типом циркуляции достаточно велико (рис. 3).

Как видно в табл. 4 наибольшее количество суток, при которых выпадают осадки на станции Туюксу приходится на тип циркуляции 13л в основном на летние месяцы. В конце 20-го столетия (рис. 4) количество суток с типом циркуляции 13л (меридиональный южный), при которых выпадали осадки на станции Туюксу, резко увеличивается, затем немного уменьшается, также, как и в целом для всего Северного полушария (рис. 3).

Таблица 4

Количество суток, при которых выпадают осадки, на станции Туюксу при различных элементарных циркуляционных механизмах (ЭЦМ) за период 1972...2002 гг.

Тип ЭЦМ	Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	Σ	(+)	(-)	Σ	(+)	(-)	Σ	(+)	(-)	Σ	(+)	(-)	Σ	(+)	(-)
1	4	0	1	0	0	0	2	0	2	1	0	1	7	0	0
2	35	14	8	61	12	16	57	14	12	39	9	13	7	2	0
3	18	4	4	20	6	3	20	6	2	12	3	3	7	1	2
4	47	11	7	54	10	5	56	15	10	48	12	16	17	5	1
5	0	0	0	0	0	0	4	0	0	10	2	1	10	2	5
6	6	1	2	30	9	5	15	7	2	13	0	2	4	1	1
7л	33	7	3	22	9	1	14	4	4	18	7	3	22	4	1
7з	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8а	42	9	8	32	17	1	6	2	0	3	0	1	9	1	5
8б	24	5	6	7	1	0	12	3	13	12	3	2	9	1	2
8в	11	1	3	10	5	1	10	4	1	9	3	2	20	5	8
8г	16	5	2	9	2	1	8	0	3	11	3	3	2	0	1
9	57	8	16	62	14	8	49	20	6	24	4	8	17	2	6
10	60	19	11	37	9	5	38	14	7	30	6	5	15	1	4
11	10	1	2	6	2	1	8	2	1	3	0	0	11	5	6
12а	78	23	17	31	8	9	10	3	1	11	1	1	22	3	7
12г	14	5	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	8	0	3
12л	56	23	10	28	8	6	29	13	3	18	4	5	19	2	5
12з	1	1	0	2	1	0	0	0	0	2	1	1	10	1	7
13з	5	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	44	10	13
13л	109	30	29	238	68	41	222	67	38	169	49	34	85	15	28
Σ	628	169	133	649	181	103	560	174	105	435	107	102	345	61	105

*Примечание:* Σ – сумма количество суток, при которых выпадают осадки; (+) – обильное выпадение осадков (больше 10 мм/сут.), (-) – небольшое выпадение осадков (меньше 1 мм/сут).

Но при анализе табл. 5 видно, что количество суток с данным типом циркуляции, при котором выпадали осадки, в благоприятные годы больше, чем в неблагоприятные, но дополнительным фактором, влияющим на оледенение в благоприятные годы, является понижение температуры. Количество суток с выпадением осадков было больше, значит, облачность была выше, продолжительность солнечного сияния меньше,

среднемесячная температура воздуха ниже в благоприятные годы, что повлияло на изменение баланса массы ледника. Он был положительный.

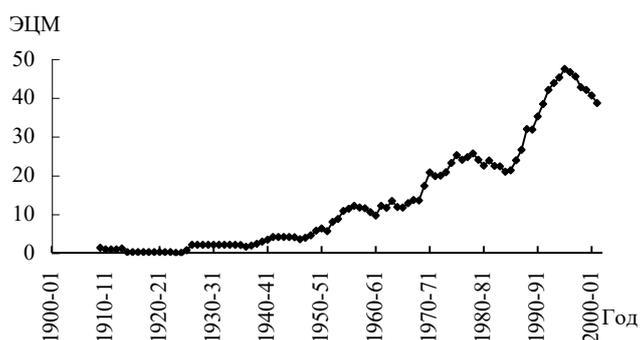


Рис. 3. Изменение скользящей по 10-летиям ЭЦМ 13л (суммы количества суток для Северного полушария) за летний период.

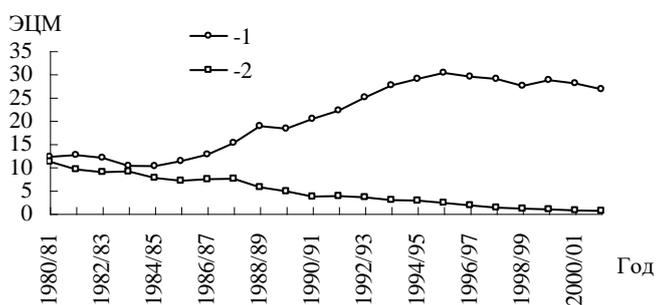


Рис. 4. Изменение скользящей по 10-летиям количества суток, при которых выпадают осадки при типах циркуляции 13л (1) и 4 (2) на станции Туюксу за летний период 1972...2002 гг..

Таблица 5

Значения метеоэлементов за летний период по станции Туюксу, 1972...2002 гг.

Тип года	$N_1$	$N_2$	$\Sigma W_1$ , мм	$\Sigma W_2$ , мм	$\bar{T}_{мес}$
Неблагоприятный	44,5	15,1	325,0	122,0	5,6
Благоприятный	64,5	23,5	532,1	169,7	3,9

Примечание:  $N_1$  – количество суток с выпадением осадков;  $N_2$  – количество суток, при которых выпадали осадки при ЭЦМ 13л;  $\Sigma W_1$  – сумма осадков в мм,  $\Sigma W_2$  – сумма осадков, выпавшая при ЭЦМ 13л, в мм;  $\bar{T}_{мес}$  – среднемесячная температура в °С.



Таблица 6

Число суток и сумма осадков при различных ЭЦМ на станции Туюксу за летний период

ЭЦМ	Благоприятные годы						Неблагоприятные годы									
	1980/81		1992/93		За два года		1977/78		1983/84		1990/91		1996/97		За четыре года	
	$\Sigma_c$	$\Sigma_w$	$\Sigma_c$	$\Sigma_w$	$\Sigma_c$	$\Sigma_w$	$\Sigma_c$	$\Sigma_w$	$\Sigma_c$	$\Sigma_w$	$\Sigma_c$	$\Sigma_w$	$\Sigma_c$	$\Sigma_w$	$\Sigma_c$	$\Sigma_w$
1																
2	3	40,1	1	12,9	4	53	7	46,3	2	17	11	90			20	153
3							2	2,3	1	2,5	4	76	1	43	8	81,2
4	6	25,2	1	4,9	7	30,1	4	18,2	8	49	2	26			14	92,9
5																
6	11	71,1	3	16,3	14	87,4	1	1,5					1	12	2	13,2
7л			1	1,0	1	1,0	11	104					2	28	13	131
7з																
8а							2	3,1					2	17	4	20
8б							1	1,3	4	16					5	16,8
8в			2	22,6	2	22,6			6	102					6	102
8г	8	38,8	2	11,6	10	50,4										
9	14	124	12	144	26	267,8	1	6	6	20	3	16	8	74	18	116
10	6	38,5	8	99,7	14	138,2	1	3,7	1	4,6	4	26	4	33	10	67,7
11	1	6,3			1	6,3					1	1,2			1	1,2
12а			2	2,5	2	2,5							4	11	4	11,2
12г																
12л	9	60,9	1	0,2	10	61,1	1	1,1							1	1,1
12з																
13з																
13л	15	80	32	259	47	339	4	22	7	69	34	272	14	104	59	468
$\Sigma$	73	485	65	575	138	1060	35	206	35	279	59	507	36	322	165	1274

Примечание:  $\Sigma_c$  – сумма количества суток, при которых выпадали осадки;  $\Sigma_w$  – сумма количества осадков в мм при различных ЭЦМ.



В табл. 5 видно, что и в неблагоприятные годы также выпадает большое количество осадков при ЭЦМ 13л. Но согласно табл. 6 в благоприятные годы добавляются еще ЭЦМ 9, 10, 12, при которых выпадает большое количество осадков. Заметную долю осадков вносят типы циркуляции 4 и 6. Это северные вторжения [11], при которых происходит существенное понижение температуры воздуха на леднике, что благоприятно для оледенения. Однако количество суток с северными вторжениями заметно уменьшается, особенно при типе 4 (рис. 4). Остальные северные вторжения за исследуемый период изменялись незначительно.

Результаты данной работы хорошо согласуются с выводами, которые сделаны Кононовой Н.К. для других регионов [9]. Происходит перестройка атмосферной циркуляции, в частности появление в начале 20-го столетия ЭЦМ 13л, который создает наилучшие условия для обострения атмосферных фронтов, резких контрастов температуры воздуха и, следовательно, для возникновения экстремальных природных явлений, что мы и наблюдаем в современный период. Глобальное повышение температуры воздуха вызывает увеличение испарения с поверхности Мирового океана, что должно привести к увеличению осадков. В горной местности Северного Тянь-Шаня увеличилась обильность выпадения осадков в теплый период, в связи с чем участились оползни, наводнения, сели и т.д., но анализ связи этих опасных явлений с метеопроцессами требует дальнейших исследований.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что непосредственное влияние глобального потепления, усиливающее таяние льдов, в некоторых районах горного оледенения, может быть в значительной мере скомпенсировано при усилении атмосферных процессов, переносящих влагу в эти районы, увеличением обильности выпадения твердых осадков в теплое время года. Однако в горных районах Северного Тянь-Шаня такой компенсации за рассматриваемый период не происходит из-за существенного уменьшения доли северных вторжений (особенно ЭЦМ 4-го типа) при увеличении южных меридиональных вторжений, менее благоприятных для оледенения.

В заключение считаю необходимым выразить благодарность сотрудникам ИГ РК к.г.н. Макаревичу К.Г. и член-корр. МАНЭБ Плеханову П.А. за ценные рекомендации и замечания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзердзеевский Б.Л. Проблемы колебаний общей циркуляции атмосферы и климата // Воейков и современные проблемы климатологии. – Л., 1956. С. 109 – 122.

2. Дзердзеевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. – М., 1975. – 285 с.
3. Ерисковская Л.А. Климатические изменения в высокогорной зоне Заилийского Алатау на примере ледника Туюксу // Гидрометеорология и экология. – Алматы. 2003. – № 3. С. 33 – 38.
4. Ерисковская Л.А. Влияние климатических изменений на оледенение в высокогорной зоне Заилийского Алатау на примере ледника Туюксу // Гидрометеорология и экология. – Алматы. 2003. – № 4. С. 31 – 34.
5. Ерисковская Л.А. Метеорологические условия на леднике Туюксу за последние годы, влияющие на оледенение // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2004. – № 1. С. 34 – 41.
6. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы. 2001. – 252 с.
7. Вилесов Е.Н. Баланс массы ледника Туюксу в последнее десятилетие 20 века. // Гидрометеорология и экология. 2003. – №1. – С. 80 – 84.
8. Календарь последовательной смены ЭЦМ за 87-летний период (с 1899-1985 гг.) // Материалы метеорологических исследований – 1987. – №13. – С. 30 – 116.
9. Кононова Н.К. Исследования многолетних колебаний циркуляции атмосферы Северного полушария и их применение в гляциологии. – МГИ, 2003. – Вып. 95. – С. 45 – 65.
10. Обобщенные схемы элементарных циркуляционных механизмов // Материалы метеорологических исследований – 1987. – №13. – С. 18 – 29.
11. Савина С.С., Хмелевская Л.В. Динамика атмосферных процессов Северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований – 1984. – №9. – 146 с.

Институт географии

ТҮҮҮСҮ МҮЗДЫҮЫНДА СОРЕКТЕНУ ШЕКАРАЛАРЫНЫҮ  
АУЫТСУУЫН МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫС КЕЛІСУ

Л.А. Ерисковская

*Соректену шекараларыныҮ биіктігініҮ экстремальді м.,ндерініҮ метеорологиялыҮ жаҮдайлары ж.,не 1972...2003 жж. кезеҮдері бойынша, олардыҮ ТҮҮҮСҮ мҮЗДЫҮЫНЫҮ салмаҮыныҮ балансымен байланысы жарастырылады. Жылы (мамыр-жыркҮйек) ж.,не жазҮлы (маусым-тамыз) кезеҮдерде жауын-шашынныҮ тҮҮСҮіне синоптикалыҮ процесстердіҮ (Б.Л. ДзердзиевскиніҮ типтеуі бойынша) „сері баҮаланҮан.*

УДК 556.048

**АНАЛИЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ, СЛОЖИВШЕЙСЯ В  
БАССЕЙНЕ РЕКИ СЫРДАРЬЯ, И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЕЕ  
НОРМАЛИЗАЦИИ**

Канд. геол.-мин. наук	Т.К. Кудеков
	Л.Н. Никифорова
Канд. техн. наук	В.И. Ли
Канд. геогр. наук	В.П. Попова

*Рассматривается гидрологическая ситуация, сложившаяся в бассейне р. Сырдарья в последние годы. Приведены предложения различных организаций по ее нормализации.*

Бассейн р. Сырдарья расположен на территории 4 государств: Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана и Казахстана. Водные ресурсы р. Сырдарья формируются, в основном, за пределами Казахстана: свыше 74 % приходится на Кыргызстан (р. Нарын); около 14 % на Узбекистан, около 3 % на Таджикистан, на долю Казахстана приходится 9 % (реки Арысь и Келес).

Сырдарья относится к рекам снеговой питания. Основным источником питания являются талые воды сезонного снежного покрова, вечных снегов, ледников и жидкие осадки. В зимний период (декабрь-февраль) расходы воды в естественных условиях колебались в пределах 200...400 м<sup>3</sup>/с. В период весенне-летнего половодья расходы воды достигали 2100 м<sup>3</sup>/с, при этом река разливалась в низовьях на десятки километров.

На границе с Узбекистаном (створ Кокбулак) среднемноголетний сток составлял 730 м<sup>3</sup>/с или около 23 км<sup>3</sup> в год, в маловодные годы 300 м<sup>3</sup>/с, (около 10 км<sup>3</sup> в год), в многоводные – свыше 1500 м<sup>3</sup>/с (до 50 км<sup>3</sup> в год).

**Водохранилища**

В 1965...1985 гг. в верховьях р. Сырдарья был построен каскад водохранилищ многолетнего и сезонного регулирования. Данные о них приведены в табл. 1.

В результате этих мероприятий сток реки Сырдарья оказался полностью зарегулирован. В нижнем течении Сырдарьи вследствие повышенного водозабора сток резко уменьшился, что привело к катастрофической ситуации в районе Аральского моря.

Таблица 1

Наиболее крупные водохранилища в бассейне р. Сырдарья

Водохранилище	Объем, км <sup>3</sup>	Страна
Токтогульское	19,5	Кыргызстан
Шардаринское	5,2	Казахстан
Кайраккумское	3,4	Таджикистан
Чарвакское	2,0	Узбекистан
Андижанское	1,9	Узбекистан

Шардаринское водохранилище (полезный объем 4,7 км<sup>3</sup>) обычно почти полностью заполнялось к началу вегетационного периода в мае. В течение летнего сезона вода из водохранилища использовалась для орошения. Минимальный объем водохранилища достигался к концу августа – началу сентября. Далее оно снова начинало заполняться. К началу декабря оно обычно заполнялось на четверть, а к концу декабря более чем на половину возможного объема. В последние годы Шардаринское водохранилище эксплуатируется в более свободном режиме, который, однако, по отношению к обеспечению максимального сброса воды в нижний бьеф, не является оптимальным.

Токтогульское водохранилище до 1990 г работало в ирригационном режиме. Сбросы воды из водохранилища производились, в основном, в весенне-летний период и составляли около 75 % общего расхода. В середине 90-х годов прошлого столетия режим попусков воды из Токтогульского водохранилища резко изменился. В последнее десятилетие для выработки необходимой для Кыргызстана электроэнергии основные попуски воды осуществляются в зимние месяцы, в течение которых сбрасывается около 60 % общего расхода [3]. В результате резко изменилось внутригодовое распределение стока р. Сырдарья: вместо относительно низкого зимнего стока проходят значительные зимние паводки (рис. 1) Особенно большие попуски из Токтогульского водохранилища осуществлялись в начале 2000-х годов.

#### **Ситуация, сложившаяся в последние годы**

В последние годы приток воды в Шардаринское водохранилище в период декабрь – март в среднем превышал 1000 м<sup>3</sup>/с, попуски из него в это время устанавливались в пределах 400...450 м<sup>3</sup>/с. Основной причиной ограничения зимних попусков воды из водохранилища являлась угроза разливов и подтоплений в низовьях реки при ледоставе. К началу холодного периода емкость водохранилища была, как правило, уже наполовину

заполненной. При таких значениях притока и сбросов это могло привести к переполнению водохранилища. В этом случае образовавшийся излишек воды сбрасывался в Арнасайскую систему озер (табл. 2).

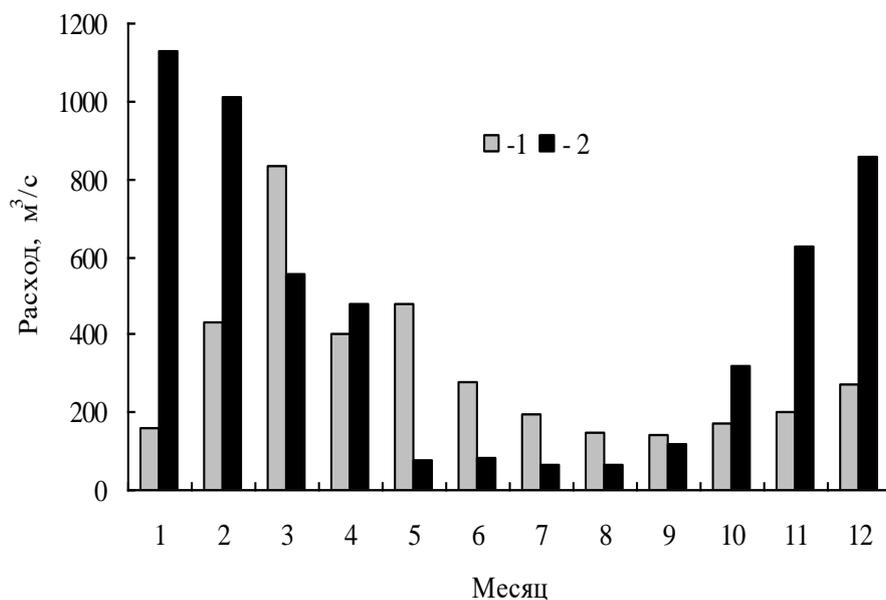


Рис. 1. Внутригодовое распределение стока р. Сырдарья ГП Кокбулак.  
1 - 1984 г., 2 - 2000 г.

Таблица 2

Объемы попусков воды из Шардаринского водохранилища в Арнасайскую систему озер

Год	Объем попусков, км <sup>3</sup>	Год	Объем попусков, км <sup>3</sup>
1993	2,7	2000	2,2
1994	9,3	2001	0,4
1995	4,0	2002	1,2
1996	1,2	2003	4,8
1997	1,2	2004	2,9
1998	3,1	2005	2,0
1999	3,1	Всего	38,1

На сегодня Арнасай – наиболее крупная озерная система Республики Узбекистан, объем водных масс которой превышает запасы воды во всех водохранилищах бассейна Сырдарьи. Сохранение сложившихся условий в озерной системе возможно при ежегодных попусках из Шардаринского во-

дохранилища не менее 1,5...2,0 км<sup>3</sup> воды. Но, несмотря на заинтересованность Узбекистана в ежегодном поступлении воды в урочище Арнасай, Казахстан вынужден платить за сбросы в это понижение значительные суммы[1]. Сбросы в Арнасай производились не только в многоводные годы (рис. 2), но и в самый маловодный за последние 15 лет 2001 г. (рис. 3).

Зимой 2003...2004 года по рекомендации РГП «Казгидромет» Комитетом по водным ресурсам впервые было принято решение об увеличении зимних попусков из Шардаринского водохранилища до максимально возможных расходов воды (700 м<sup>3</sup>/с) с учетом пропускной способности гидротехнических сооружений в районе г. Кызылорда (рис. 4). Это увеличение до 700 м<sup>3</sup>/с в январе-феврале 2004 г. показало, что такой режим вполне допустим. Повышенные сбросы воды с декабря 2003 г. по март 2004 г. составили 3 км<sup>3</sup> воды, которая поступила в русло реки на территории Казахстана и частично достигла Малого Арала.

В начале февраля 2004 г., в результате резкого похолодания, усилился процесс ледообразования в низовьях Сырдарьи; в районе Кызылорды наблюдались резкие подъемы уровней воды, разливы и подтопления, вызванные заторами льда в русле реки. После искусственного разрушения заторов с помощью взрывов, уровни воды в реке понизились. Режим попусков воды из Шардаринского водохранилища, установленный зимой 2003...2004 гг. позволил ограничить сбросы воды в Арнасай и увеличить поступление воды в Аральское море.

В 2005 г. ситуация повторилась. В январе-феврале попуски из Токтогульского водохранилища поддерживались на уровне 650...700 м<sup>3</sup>/с. Приток воды к Шардаринскому водохранилищу был равен 1200...1500 м<sup>3</sup>/с. Объем воды в водохранилище к 22 февраля достиг величины 5,06 км<sup>3</sup>. Попуски из него составляли 810 м<sup>3</sup>/с. В сложившейся ситуации возникла необходимость аварийного сброса воды в Арнасай, который продолжался с 9 января до 2 апреля. За этот период было сброшено около 2 км<sup>3</sup> воды.

**Существующие проекты по решению проблем регулирования стока в низовьях р. Сырдарья**

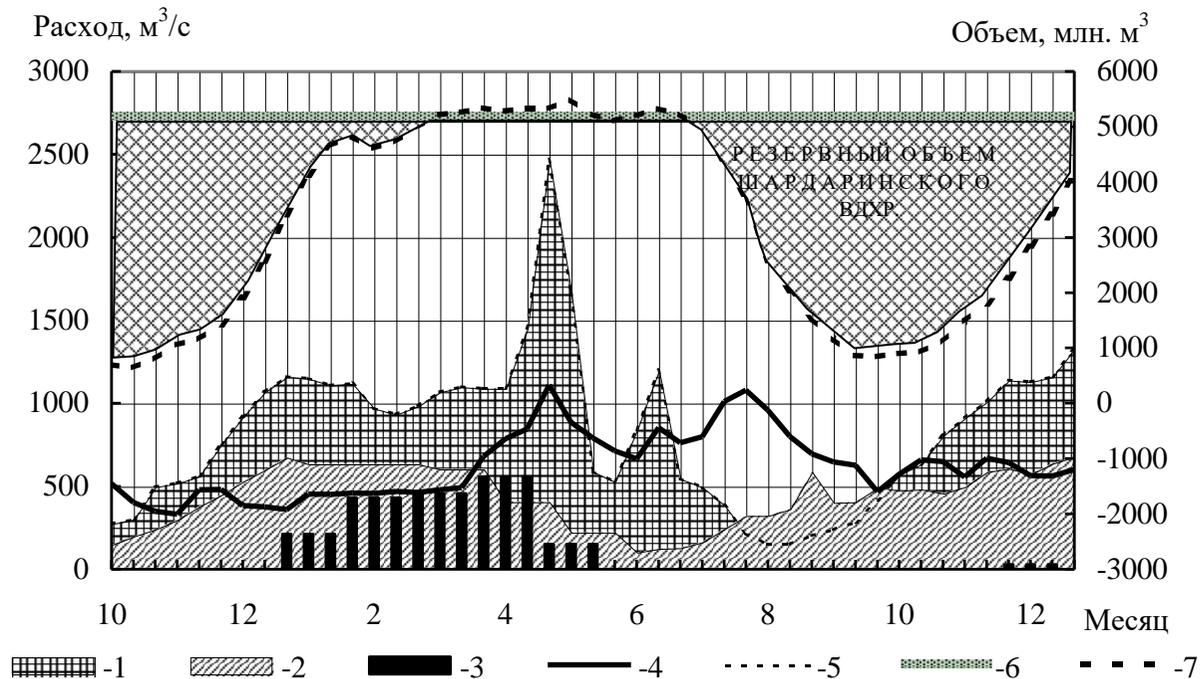
### **Коксарайский контррегулятор**

#### *Назначение*

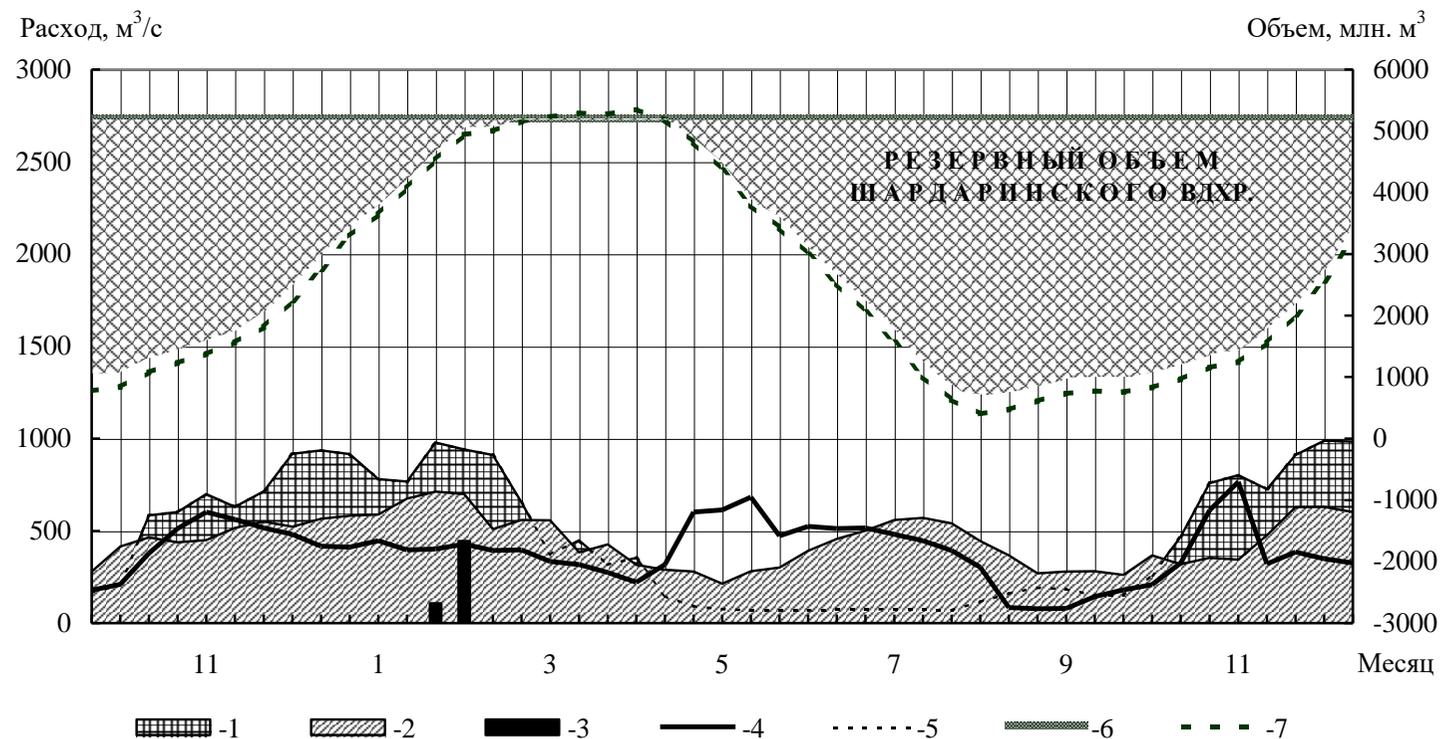
- Аккумулирование части повышенного зимнего стока р. Сырдарья с целью разгрузки русла реки в пределах Южно-Казахстанской и Кызылординской областей в период ледовых явлений.

- Компенсация дефицита воды в низовьях реки в летний период.

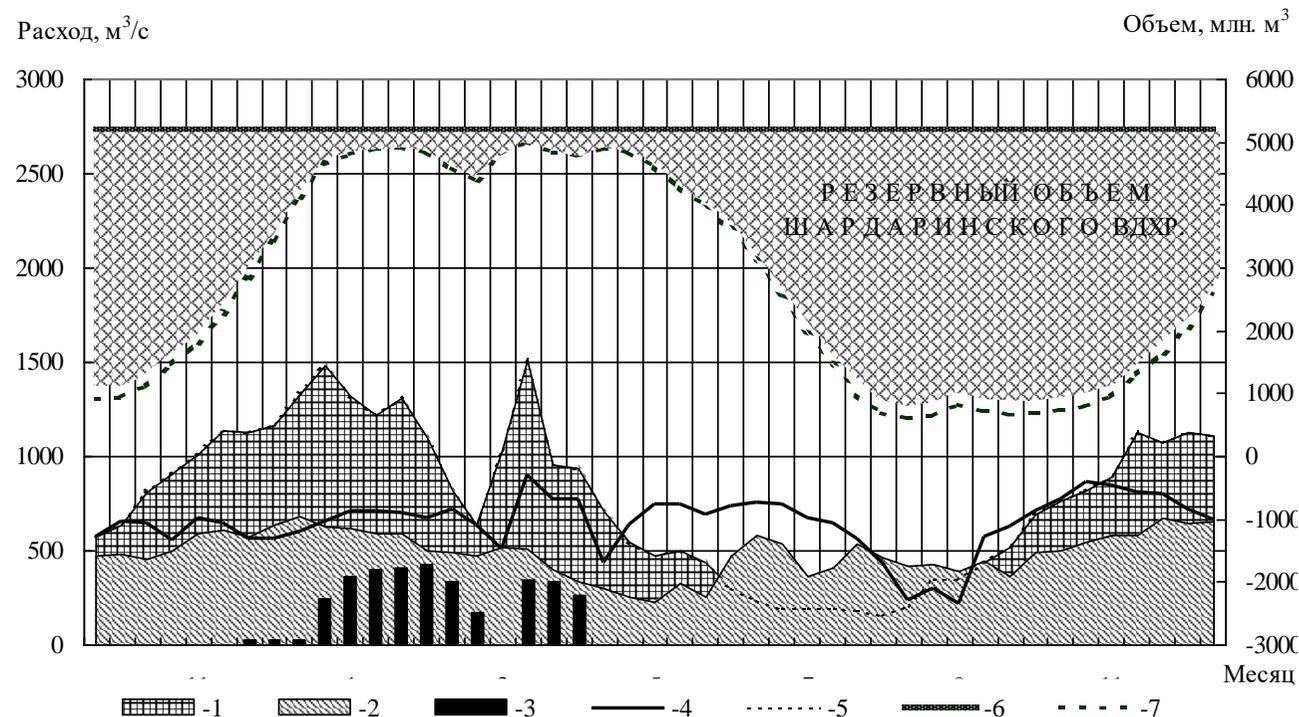




- *Рис. 2. Комплексный график наполнения Шардаринского водохранилища и соотношение притока в Шардаринское водохранилище, сбросов из него и сбросов из Токтагульского водохранилища в 2002...2003 гг.*
- **1 – БОКОВОЙ ПРИТОК ОТ ТОКТАГУЛЬСКОГО ДО ШАРДАРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА; 2 – СБРОСЫ ИЗ ТОКТАГУЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА; 3 – СБРОСЫ В АРНАСАЙ, 4 – СБРОСЫ ИЗ ШАРДАРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА; 5 – ПРИТОК В ШАРДАРИНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ; 6 – МАКСИМАЛЬНЫЙ ОБЪЕМ ШАРДАРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА; 7 – ОБЪЕМ ВОДЫ В ШАРДАРИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ.**



- *Рис. 3. Комплексный график наполнения Шардаринского водохранилища и соотношение притока в Шардаринское водохранилище, сбросов из него и сбросов из Токтагульского водохранилища в 2000...2001 гг.*
- **1 – БОКОВОЙ ПРИТОК ОТ ТОКТАГУЛЬСКОГО ДО ШАРДАРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА; 2 – СБРОСЫ ИЗ ТОКТАГУЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА; 3 – СБРОСЫ В АРНАСАЙ, 4 – СБРОСЫ ИЗ ШАРДАРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА; 5 – ПРИТОК В ШАРДАРИНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ; 6 – МАКСИМАЛЬНЫЙ ОБЪЕМ ШАРДАРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА; 7 – ОБЪЕМ ВОДЫ В ШАРДАРИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ.**



• Рис. 4. Комплексный график наполнения Шардаринского водохранилища и соотношение притока в Шардаринское водохранилище, сбросов из него и сбросов из Токтагульского водохранилища в 2003...2004 гг.

– БОКОВОЙ ПРИТОК ОТ ТОКТАГУЛЬСКОГО ДО ШАРДАРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА; 2 – СБРОСЫ ИЗ ТОКТАГУЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА; 3 – СБРОСЫ В АРНАСАЙ, 4 – СБРОСЫ ИЗ ШАРДАРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА; 5 – ПРИТОК В ШАРДАРИНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ; 6 – МАКСИМАЛЬНЫЙ ОБЪЕМ ШАРДАРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА; 7 – ОБЪЕМ ВОДЫ В ШАРДАРИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ.



- Сокращение или полное прекращение ежегодного сброса воды в Арнасайскую систему озер.

Использование контррегулятора для решения ирригационных и рыбохозяйственных вопросов не предусматривается [2].

#### ***Технические характеристики***

Емкость – 3 км<sup>3</sup>

Полезная емкость – 2,5 км<sup>3</sup>

Площадь акватории водоема – 466 км<sup>2</sup>

Длина земляной плотины – 44,7 км

Средняя высота плотины – 6 м

Стоимость строительства – 223,4 млн. долларов США.

#### ***Недостатки***

- около 500 км<sup>2</sup> земли исключается из хозяйственного использования;
- повысится уровень грунтовых вод, возможно засоление и заболачивание почв;
- в многоводные годы (обеспеченностью менее 10 %) полезная емкость контррегулятора в 2,5 км<sup>3</sup> может оказаться недостаточной для разгрузки Шардаринского водохранилища и предотвращения подтоплений в русле р. Сырдарья (при условии отказа от Арнасайских сбросов);
- в маловодные годы (обеспеченностью более 75 %) надобность в контррегуляторе практически отпадает;
- большие эксплуатационные расходы, связанные с поддержанием земляной плотины в рабочем состоянии.

#### **Предложения Кызылординского Акимата**

- Провести комплекс работ по восстановлению каналов и озерных экосистем на территории Кызылординской области.
- В зимний период поддерживать сбросы воды из Шардаринского водохранилища 900 м<sup>3</sup>/с.
- На территории Кызылординской области увеличить забор воды в каналы: на участке с. Коктюбе – г. Кызылорда до 200 м<sup>3</sup>/с, на участке г. Кызылорда – г. Казалинск до 300 м<sup>3</sup>/с.

Реализация этих предложений предполагает:

- восстановление озерных систем и пастбищ на площади 125 тыс. га;
- осуществление промывки земель, подвергающихся вторичному засолению;

- в напряженный зимний период сток р. Сырдарья на территории Кызылординской области будет уменьшен на 500 м<sup>3</sup>/с за счет забора воды из русла;
- снижение объема сбросов из Шардаринского водохранилища в Арнасай.

**Недостатки:**

- Сбросы из Шардаринского водохранилища объемом 900 м<sup>3</sup>/с в период ледообразования, возможно, приведут к затоплениям на территории Южно-Казахстанской области;
- Проект не решает проблемы внутригодового перераспределения стока для покрытия летнего дефицита воды;

В настоящее время предложения не имеют технико-экономического обоснования и требуют дальнейшей разработки.

**Предложения РГП «Казгидромет»**

В ближайшее время, пока будет решаться вопрос о необходимости и возможности строительства Коксарайского контррегулятора или восстановления озерных систем в Кызылординской области, необходимо разработать и обосновать усовершенствованные эксплуатационные правила Шардаринского водохранилища на ближайшие годы.

Предлагаемые РГП «Казгидромет» мероприятия помогут решить вопросы не только своевременного водообеспечения юга Республики, но и будут способствовать решению проблемы дополнительного поступления воды в Аральское море. Для реализации этих мер необходимо в осенне-зимний период регулировать сбросы воды из Шардаринского водохранилища в русло р. Сырдарья таким образом, чтобы наполнение водохранилища произошло не раньше, чем к началу вегетационного периода. В осенне-зимний период минимальный уровень воды в водохранилище поддерживается увеличением сбросов из него в нижний бьеф. Это позволяет в процессе попусков воды из Шардаринского водохранилища воздействовать на установление ледостава (сдвигая его на более поздние сроки) обеспечить оптимальный и относительно безопасный пропуск повышенных расходов по реке Сырдарья.

**Предпосылки:**

1. Максимальный объем стока по р. Сырдарья в последние годы наблюдается в период декабрь – апрель. Именно в это время происходит быстрое наполнение Шардаринского водохранилища.

2. Ледостав, который создает критическую ситуацию на р. Сырдарья зимой, устанавливается тем позже, чем больший объем воды сбрасывается в русло реки из водохранилища. Примером может служить зимний период 2004...2005 гг. (Табл. 3). Сбросы воды из водохранилища в это время были увеличены до 700...800 м<sup>3</sup>/с. Поэтому, не смотря на устойчивые морозы в Кызылординской области (температура воздуха в 3 декаде января и в феврале была на 3...5 °С ниже нормы), ледостав на р. Сырдарья в районе г. Кызылорда установился на полтора месяца позже, чем обычно.
3. Повышенные попуски воды из Шардаринского водохранилища в русло р. Сырдарья позволят сократить или полностью избежать аварийных сбросов воды в Арнасай, и, таким образом, увеличить поступление воды в Аральское море.

Объем воды, поступающей в Шардаринское водохранилище в период наибольшей водности (октябрь-май), в последние годы колеблется в пределах 12...20 км<sup>3</sup>. Наиболее многоводными были 2002...2004 гг. Их обеспеченность составляет соответственно 10, 1 и 5 % (повторяемость их соответственно равна один раз в 10, 100 и 20 лет). Численные эксперименты показали, что даже в такие многоводные годы есть возможность регулировать режим попусков таким образом, чтобы полностью исключить необходимость аварийных сбросов в Арнасай.

Таблица 3

Сроки установления ледостава и вскрытия р. Сырдарья в зимний период 2004...2005 гг.

Гидропост	Дата			
	ледостава		вскрытия	
	норма	факт	норма	Факт
Коктюбе	-	не замерзал	-	не замерзал
Тюмень – Арык	27.12	5.02	27.02	3.03
Тасбугет	22.12	2.02	11.03	8.03
Казалинск	11.12	26.12	23.03	18.03

В табл. 4 представлен предварительный расчет схемы сбросов и наполнения Шардаринского водохранилища за характерные годы 1999...2000 гг. – средний по водности, 2001...2002 гг. – маловодный, 2003...2004 гг. – многоводный.

В многоводные годы в Шардаринское водохранилище в период с октября по март поступает около 20 км<sup>3</sup> воды; в средние по водности годы – 15...16 км<sup>3</sup>, а в маловодные годы – около 11 км<sup>3</sup>. Для наполнения Шарда-

ринского водохранилища от минимального до полного объема необходимо, в среднем, 4,3 км<sup>3</sup> воды. Оставшийся объем притока предлагается сбрасывать в русло р. Сырдарья. В этих случаях Шардаринское водохранилище используется в качестве контррегулятора, в котором аккумулируется тот объем воды, который невозможно сбросить в нижний бьеф транзитом в период максимального притока в водохранилище (более 1000 м<sup>3</sup>/с).

Таблица 4

Моделирование попусков воды из Шардаринского водохранилища за характерные годы

Элементы водного баланса, км <sup>3</sup>	Маловодный 2000...2001 гг.		Средний 1999...2000 гг.		Многоводный 2002...2003 гг.	
	факт	модель	факт	модель	факт	модель
Поступление в вдхр.	11,721	11,721	14,147	14,147	19,757	19,757
Сброс в р. Сырдарья	8,613	8,398	9,77	11,121	11,396	15,553
Аккумуляция в чаше вдхр.	3,006	3,323	2,892	3,026	4,235	4,298
Сбросы в Арнасайские озера	0,351	0	2,192	0	4,755	0,054

В дальнейшем необходимо разработать схему оптимального сброса воды в нижний бьеф водохранилища в осенний и зимний периоды. Для этого предлагается с участием МСХ, МЧС, акиматов Южно-Казахстанской и Кызылординской областей и Казгидромета разработать модель для оперативного управления режимом работы Шардаринского водохранилища.

***В результате появляется возможность:***

- Обеспечить максимальные попуски воды из водохранилища в русло Сырдарьи для минимизации сброса воды в Арнасай;
- Обеспечить контролируемый пропуск воды по руслу Сырдарьи до ее устья с целью предотвращения катастрофического повышения уровня воды и разрушения гидротехнических сооружений и населенных пунктов в низовьях реки;
- Обеспечить увеличение поступления воды в Малый Арал.

В заключении следует отметить, что пока будут решаться вопросы строительства Коксарайского контррегулятора или восстановления озерной системы Кызылординской области, мероприятия, предлагаемые РГП «Казгидромет», помогут решить вопросы своевременного водообеспечения юга Республики и будут способствовать решению проблемы дополнительного поступления воды в Аральское море при минимальных затратах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нурбаев Д.Д., Горелкин Н.Е. Изменения водных ресурсов Айдаро-Арнасайкой озерной системы как результат изменений приоритетов регулирования водохранилищ бассейна Сырдарья: Тезисы международной Конференции по региональному сотрудничеству в бассейнах трансграничных рек «Вода для жизни». – Душанбе: 2005. – С. 40-42.
2. Технично-экономическое обоснование строительства Коксарайского водохранилища (контррегулятора) на р. Сырдарья / Комитет по водным ресурсам МинПРООС РК. – Алматы, 2001. – 13 с.
3. Турсунов А.А., Жиенбаева Р.К. Зимние паводки на реке Сырдарья и проблема защиты города Кызылорда // Гидрометеорология и экология. – 2004. – № 1. – С. 42-51.

РГП «Казгидромет»

### **СЫРДАРЬЯ ӨЗЕН АЛҚАБЫНДА ТУЫНДАҒАН ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРДЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ОНЫ ҚАЛЫПҚА КЕЛТІРУ ЖӨНІНДЕГІ ҰСЫНЫСТАР**

Геол.-мин. ғылымд. канд.	Т.К. Көдеков
	Л.Н. Никифорова
Техн. ғылымд. канд.	В.И. Ли
Геогр. ғылым. канд.	В.П. Попова

*Тоқтағұл су қоймасының қысқы су ағызумен байланысты соңғы жылдары Сырдарья өзен алқабында туындаған гидрологиялық жағдайлар қарыстылған. Әртүрлі ұйымдардың оны қалыпқа келтіру жөніндегі ұсыныстары келтірген.*

УДК 556.5.114(075.8)

**ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК И ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ СТОКА**

Доктор техн. наук М.Ж. Бурлибаев

*Сделана первая попытка систематизации принципов экологического нормирования стока рек, в частности, на примере такого трансграничного водотока, как река Сырдарья. В представлении автора современный экологический мониторинг и экологическое нормирование стока, под которыми подразумеваются гидрохимический мониторинг и гидрохимическое нормирование (ПДК) не отвечают требованиям охраны сложных природных комплексов, к категории которых относится речная экосистема.*

Термины “восстановление” или “реабилитация” экологического состояния речной экосистемы Сырдарьи или акватории Аральского моря, часто применяются в названиях, целях и задачах экологических программ или проектов, осуществляемых в Центрально-Азиатском регионе. Между тем известно, что вернуть экологическую ситуацию вокруг Аральского моря в естественное состояние в условиях современных антропогенных воздействий практически не представляется возможным. Речь можно вести о минимизации отрицательного воздействия высыхаемого моря и восстановлении речной экосистемы Сырдарьи, в первую очередь дельтовой системы водотока. При этом основной акцент должен быть сделан на экологическое нормирование как самого водотока, так и на антропогенные факторы, возникающие в результате хозяйственной деятельности человека. Поэтому для выработки научно-обоснованных экологических норм должны быть детально изучены трансформация и деградация речных экосистем в результате воздействия антропогенных факторов. В нашем примере воздействие антропогенных факторов будет рассмотрено относительно гидрологического и гидрохимического режимов и комплексной оценки качества вод реки Сырдарьи для выработки основополагающих принципов экологического нормирования.

**Анализ изменения гидрологического и гидрохимического режимов реки Сырдарьи**

Актуальность изучения гидрологического и гидрохимического режима р. Сырдарьи определялась со времени начала инструментального наблюдения за этими параметрами. При этом, если в начальный период

мониторинга ставилось и считалось первоочередной задачей определение питьевого и ирригационного качества вод водотока, то в настоящее время к этому прибавилась объективная оценка антропогенного изменения естественного гидрологического и гидрохимического режима р. Сырдарьи с целью получения однозначного ответа на вопрос о пригодности или непригодности использования речной воды для различных отраслей экономики. Между тем известно, что с ухудшением гидрологического и гидрохимического режимов р. Сырдарьи, начиная с 1960 года и по настоящее время, в многочисленных трудах отечественных исследователей нет однозначного ответа на вышеперечисленные вопросы. Как необходимое отступление, следует подчеркнуть, что до сих пор для р. Сырдарьи не производились полноценные сопоставительные оценки естественного и нарушенного гидрологического (гидрохимического) режимов, для выявления картины их изменения под влиянием комплекса антропогенных факторов, а также не решена одна из главных задач речной гидрохимии – определение зависимости химического состава воды от водности реки.

Наши расчеты будут базироваться на многолетнем статистическом ряде створа ГП Казалы. Предпочтение ГП Казалы будет отдаваться не потому, что у этого створа наблюдения за водным режимом ведутся с 1912 года, а с учетом эффекта контроля замыкающего створа. Известно, что для получения полной картины деградации экосистемы, т.е. собственно речной экосистемы низовьев и Аральского моря, эти наблюдения наиболее точно отражают те изменения, произошедшие в естественном гидрологическом режиме замыкающего створа всего речного комплекса. При этом весь период наблюдения за гидрологическим режимом р. Сырдарьи нами будет разделен на два периода, т.е. условно-естественный и нарушенный. Разумеется, что так называемый период с естественным гидрологическим режимом будет носить признаки условности, так как р. Сырдарья, находясь в зоне традиционного орошения, своим началом хозяйственного освоения водных ресурсов уходит корнями вглубь предыдущих веков. Поэтому, несмотря на наличие исторических фактов раннего земледелия с элементами современного понятия мелиорации и орошения, их в прикладные статические расчеты невозможно приложить. С учетом этого фактора встает задача определения объективных критериев разделения имеющихся статических рядов на условно-естественные и нарушенные периоды. На наш взгляд, наряду с множеством факторов основное внимание заслуживает ухудшение состояния Аральского моря, т.е. те изменения, которые

стали осязаемыми и зафиксированы инструментальными замерами, будь то падения уровня, повышение минерализации и т.д. Если принять это априори, то несомненно, за начало интенсивной деградации можно принять 1960 год – год, совпадающей с началом ввода и эксплуатации Шардаринского водохранилища, положивший начало коренному переустройству исторически сложившихся экосистем низовья р. Сырдарьи и Аральского моря. При этом период с 1912 года до 1960 года нами принят за условно-естественный период гидрологического режима.

Исследования изменения гидрологического режима велись нами и основывались на вероятностных характеристиках двух независимых гидрологических рядов, т.е. условно-естественного и нарушенного периодов. Известно, что ведение сопоставительного анализа между произвольно взятыми отдельными годами из двух периодов неминуемо приведет к абстрактным результатам из-за отсутствия объективного объединительного критерия между этими годами. Поэтому нам представляется целесообразным прибегать к помощи вероятностных характеристик по обеспеченностям (25, 50, 75 и 95 %). При этом мы должны четко отдавать себе отчет в том, что применение понятия вероятности в экологических изысканиях сталкивается с двумя различными типами вероятности. В нашем же случае применяемая вероятность – это эмпирическая вероятность, основанная на реальных статических данных, полученных с помощью непосредственных замеров на инструментальной основе, а не постулированная теоретическая вероятность.

Как необходимое отступление, следует подчеркнуть, что определению всех видов хозяйственной деятельности в целостном бассейне посвящен целый ряд работ, поэтому мы на них не будем останавливаться. Изменения гидрологического режима в створе ГП Казалы будут базироваться на констатации реальных фактов антропогенного изменения при различных обеспеченностях нарушенного режима относительно условно-естественного периода.

Внутригодовое распределение стока р. Сырдарьи в многолетнем периоде наблюдений, (условно-естественный период гидрологического режима в 1912...60 гг.) показывает, что этот процесс был полностью подчинен природным факторам формирования стока [1], за исключением незначительного влияния Фархадского и Кайракумского водохранилищ, и, по классификации Б. Зайкова, относился к Тянь-Шанскому типу с характерными половодьем и паводком в теплый период года и меженью в холодный. При этом в бассейне реки Сырдарьи присутствуют все виды основных факторов формирования

стока, т.е. талые снеговые, дождевые, ледниковые и подземные воды в зависимости от месторасположения составляющих гидрографической сети. Основной объем переносимого стока, как правило, приходится главным образом на долю половодья, начало и окончание которого зависят от высотного положения водосборов притоков, характера распределения снежного покрова, климатических условий дождевого стока, наличия ледников и снежников, гидрологических условий бассейна и т.д. Не вдаваясь в подробности детального изучения следственно-причинных обстоятельств формирования стока отдельных притоков и самой Сырдарьи подчеркнем, что нас, интересует прежде всего внутригодовое распределение стока реки в створе ГП Казалы.

Полученные нами результаты исследования внутригодового распределения стока как за условно-естественный, так и за нарушенный периоды различной обеспеченности показывают, что начиная с 1960 года эти показатели коренным образом преобразованы. Очевидно, что подверглись изменению не только фактические стоки за отдельные месяцы, но и произошли перестановки во внутригодовом распределении. Например, при 25 % обеспеченности для условно-естественного периода характерны высокие расходы для марта, апреля, мая, июня и июля месяцев, при нарушенном же периоде гидрологического режима они изменены в сторону уменьшения, т.е. произошла срезка пиков половодья. При кажущейся незначительности разности стоков, они таковы: при условно-естественном гидрологическом режиме: март – 650 м<sup>3</sup>/с; апрель – 930 м<sup>3</sup>/с; май – 670 м<sup>3</sup>/с; июнь – 720 м<sup>3</sup>/с; июль – 630 м<sup>3</sup>/с; – при нарушенном гидрологическом режиме – март – 410 м<sup>3</sup>/с; апрель – 445 м<sup>3</sup>/с; май – 305 м<sup>3</sup>/с; июнь – 180 м<sup>3</sup>/с; июль – 175 м<sup>3</sup>/с. Это то, что касается весенне-летнего стока. Такое же положение наблюдается и в осенне-зимнем стоке, за исключением сентября месяца, когда оба показателя, характерные для двух периодов гидрологического режима, примерно равны на уровне 300 м<sup>3</sup>/с. Тем не менее, следует отметить, что срезка характерных во внутригодовом распределении весенне-летних расходов осуществляется и в отношении осенне-зимних расходов воды.

Совершенно иная картина предстает при анализе изменения внутригодового распределения стока при 50 % обеспеченности. Если при сравнении фактических расходов воды двух периодов 25 % обеспеченности расходы воды нарушенного периода более или менее осязаемы относительно условно-естественного периода, то при 50 % обеспеченности расходы нарушенного периода уменьшены на несколько порядков от первоначальных. Например, при условно-естественном периоде расходы воды составляли: март – 400 м<sup>3</sup>/с; апрель – 650 м<sup>3</sup>/с; май – 710 м<sup>3</sup>/с; июнь –

827 м<sup>3</sup>/с; июль – 740 м<sup>3</sup>/с; август – 480 м<sup>3</sup>/с. При нарушенном периоде эти показатели следующие: март – 90 м<sup>3</sup>/с; апрель – 105 м<sup>3</sup>/с; май – 80 м<sup>3</sup>/с; июнь – 80 м<sup>3</sup>/с; июль – 40 м<sup>3</sup>/с; август – 80 м<sup>3</sup>/с. Иначе говоря, произошли коренные изменения не только во внутригодовом распределении, но и в показателях фактических расходов воды стока половодья. Как и в предыдущей обеспеченности, более или менее сопоставимы фактические расходы воды в сентябре месяце, где они соответственно равны 300 м<sup>3</sup>/с и 205 м<sup>3</sup>/с. Произошедшие изменения в осенне-зимнем периоде тоже заслуживают акцента внимания. При условно-естественном режиме во внутригодовом распределении стока фактические расходы отдельных месяцев составляли: октябрь – 316 м<sup>3</sup>/с; ноябрь – 510 м<sup>3</sup>/с; декабрь – 490 м<sup>3</sup>/с; январь – 350 м<sup>3</sup>/с; февраль – 320 м<sup>3</sup>/с. Нарушенный период гидрологического режима показывает, что за вышеперечисленные месяцы фактические расходы воды составляют: октябрь – 115 м<sup>3</sup>/с; ноябрь – 115 м<sup>3</sup>/с; декабрь – 190 м<sup>3</sup>/с; январь – 110 м<sup>3</sup>/с; февраль – 110 м<sup>3</sup>/с.

Аналогичное изменение во внутригодовом распределении стока произошли и при 75 % обеспеченности с еще большим уменьшением фактических показателей за отдельные месяцы. Например, весенне-летний сток воды за отдельные месяцы условно-естественного периода был отмечен: март – 420 м<sup>3</sup>/с; апрель – 610 м<sup>3</sup>/с; май – 770 м<sup>3</sup>/с; июнь – 780 м<sup>3</sup>/с; июль – 740 м<sup>3</sup>/с; август – 505 м<sup>3</sup>/с. В настоящее время они отличаются на уровне: март – 40 м<sup>3</sup>/с; апрель – 10 м<sup>3</sup>/с; май – 5 м<sup>3</sup>/с; июнь – 10 м<sup>3</sup>/с; июль – 8 м<sup>3</sup>/с; август – 8 м<sup>3</sup>/с. Осенне-зимние расходы воды условно-естественного периода фиксировались; сентябрь – 405 м<sup>3</sup>/с; октябрь – 390 м<sup>3</sup>/с; ноябрь – 490 м<sup>3</sup>/с; декабрь – 400 м<sup>3</sup>/с; январь – 280 м<sup>3</sup>/с; февраль – 310 м<sup>3</sup>/с. Современное их преобразование показывает, что за эти месяцы они составляют: сентябрь – 10 м<sup>3</sup>/с; октябрь – 8 м<sup>3</sup>/с; ноябрь – 8 м<sup>3</sup>/с; декабрь – 19 м<sup>3</sup>/с; январь – 20 м<sup>3</sup>/с; февраль – 19 м<sup>3</sup>/с.

Такая же картина наблюдается и при 95 % обеспеченности. При условно-естественном периоде гидрологического режима фактические среднемесячные расходы воды за отдельные месяцы составляли: март – 375 м<sup>3</sup>/с; апрель – 440 м<sup>3</sup>/с; май – 340 м<sup>3</sup>/с; июнь – 460 м<sup>3</sup>/с; июль – 380 м<sup>3</sup>/с; август – 305 м<sup>3</sup>/с. В настоящее время они составляют: март – 20 м<sup>3</sup>/с; апрель – 8 м<sup>3</sup>/с; май – 8 м<sup>3</sup>/с; июнь – 8 м<sup>3</sup>/с; июль – 5 м<sup>3</sup>/с; август – 3 м<sup>3</sup>/с. Результаты сопоставительного анализа осенне-зимних расходов воды показывают, что при естественном периоде они были следующими: сентябрь – 220 м<sup>3</sup>/с; октябрь – 285 м<sup>3</sup>/с; ноябрь – 410 м<sup>3</sup>/с; декабрь – 290 м<sup>3</sup>/с; январь – 260 м<sup>3</sup>/с; февраль – 305 м<sup>3</sup>/с. При нарушенном периоде гидрологического режима эти среднемесячные расходы

составляют: сентябрь – 5 м<sup>3</sup>/с; октябрь – 5 м<sup>3</sup>/с; ноябрь – 8 м<sup>3</sup>/с; декабрь – 25 м<sup>3</sup>/с; январь – 42 м<sup>3</sup>/с; февраль – 40 м<sup>3</sup>/с.

Полученные результаты исследования изменения внутригодового распределения стока р. Сырдарья в створе ГП Казалы показывают, что при всех обеспеченностях коренным образом произошли изменения, всецело ассоциирующие только уменьшением среднемесячных расходов воды по сравнению с условно-естественным периодом гидрологического режима. И, как закономерный итог такого изменения внутригодового распределения стока, также претерпел существенные изменения и годовой сток при различных обеспеченностях. Например, при условно-естественном периоде гидрологического режима р. Сырдарья имела годовой сток с обеспеченностью: 25 % – 17,03 км<sup>3</sup>; 50 % – 16,18 км<sup>3</sup>; 75 % – 12,05 км<sup>3</sup> и 95 % – 10,66 км<sup>3</sup>. Разность стоков (равных обеспеченностей) при естественном и нарушенном гидрологических режимах водотока составляет: 25 % – 8,86 км<sup>3</sup>; 50 % – 12,58 км<sup>3</sup>; 75 % – 11,27 км<sup>3</sup>; 95 % – 10,13 км<sup>3</sup>; при фактических значениях годового стока нарушенного периода 25 % – 8,18 км<sup>3</sup>; 50 % – 3,60 км<sup>3</sup>; 75 % – 0,78 км<sup>3</sup>; 95 % – 0,53 км<sup>3</sup>. Такое положение объясняется тем, что основное предназначение каскада водохранилищ, расположенных на территории Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана и Казахстана, заключается в перераспределении стока не только во времени, но и в пространстве для целей орошения. Этот случай красноречиво говорит о том, что речная экосистема и Аральское море, не являясь полноправными участниками водохозяйственного баланса бассейна, удовлетворяются по остаточному принципу. И, как нам представляется, современные деградации экосистем низовья р. Сырдарья обязаны в первую очередь тем санитарным попускам и минимально-необходимым расходам воды, разработанными и внедренными в “Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов р. Сырдарья” под эгидой Союзводпроекта СССР. Речная экосистема Сырдарья прежде всего трансформировалось благодаря срезке пиков весеннего половодья, известно, что её благополучие и жизнедеятельность определяется весенним затоплением, тогда как в остальное время года к внутригодовому распределению стока предъявляются требования по поддержанию этого благополучия.

При незыблемости задач мониторинга качества поверхностных вод, заключающихся в определении приоритета контроля антропогенного воздействия, строгой систематичности и комплексных наблюдений, оперативности получения и передачи информации, как необходимое отступление следует отметить, что вся система современного мониторинга зачастую

не соответствует оптимальному решению вышеназванных задач. Например, в отличие от наблюдений за гидрологическими параметрами, мониторинг за гидрохимическим режимом не имеет четких нормативов ни по календарному графику отбора проб как во внутрисуточном, так и в месячном режимах, что, в свою очередь, показывает отсутствие системности при производстве таких работ. Такое положение не нуждается в трудоемких доказательствах, для чего достаточно убедиться простым анализом данных “Ежегодных данных качества поверхностных вод” (ранее “Гидрохимические бюллетени”). В свою очередь, отсутствие системности в отборе проб для гидрохимического анализа приводит к тому, что на основе имеющихся данных по гидрохимическим показателям можно лишь строить приближенную картину динамики изменения химического состава поверхностных вод как для р. Сырдарьи, так и для других водотоков.

Проанализируем изменения общей минерализации и главных ионов, органических и биогенных веществ, тяжелых металлов и хлорорганических пестицидов во взаимосвязи с гидрологическим режимом для получения зависимости гидрохимического режима от гидрологического. Для этих целей нами будут подвергаться анализу зависимости гидрохимического режима от гидрологического как за периоды с условно-естественным, так и с нарушенным режимом. При этом, наравне с установлением зависимости гидрохимического режима от условно-естественного гидрологического режима, будет достигнута и другая цель - установление антропогенного изменения гидрохимического режима в нарушенный период в независимости от водности, хотя следует отметить, что это, в некотором роде, и противоречит основному постулату гидрохимического изучения водотоков по определению зависимости химического состава от водности. Применение этого определения в основном справедливо в отношении к водотокам с естественным гидрологическим режимом, в нашем же случае, на примере р. Сырдарьи, химический состав воды последнего 40-летия во многом не зависит от водности, т.е. от нарушенного гидрологического режима водотока, которая по существу превратилась в “сточную канаву” возвратных вод с орошаемых территорий. Иначе говоря, тех попусков, осуществляемых в нижний бьеф Шардаринского водохранилища, недостаточно для внесения существенных изменений в антропогенный гидрохимический режим водотока.

Как и при исследовании, посвященном изменению гидрологического режима, так и в этом исследовании по определению изменения услов-

но-естественного и нарушенного периодов гидрохимического режима будут базироваться на вероятностных характеристиках водности. Существенным отличием от предыдущих исследований будет дополнительный ввод в расчетные ряды отдельных лет, которые по водности соответствуют тем или иным годам условно-естественного периода гидрологического режима по вероятностным характеристикам (по обеспеченностям).

Полученные результаты внутригодового распределения общей минерализации в створах Тюмень-Арык, Кызылорда и Казалы за условно-естественный период гидрологического режима 25 % обеспеченности показывают, что от первого створа к последнему прослеживается постепенное уменьшение фактической концентрации в зависимости от водности и периода года в стохастическом режиме. При этом в створе Тюмень-Арык максимумы концентрации от 800 до 950 мг/дм<sup>3</sup> отмечаются в осенне-зимние периоды с минимумами до 400 мг/дм<sup>3</sup> в летние месяцы, т.е. совпадающие во времени с половодьем. При всех обеспеченностях нарушенного периода во всех трех створах в фактических концентрациях общей минерализации отмечается аномальная стохастичность, причем с резким возрастанием показателей в летний период, очевидно связанная с ростом сброса возвратных вод с орошаемых территорий. Например, ранее наблюдавшиеся максимумы в осенне-зимние месяцы и минимумы в весенне-летнее время в настоящее время сглажены стохастичностью. Практически при всех обеспеченностях условно-естественного периода отмечались максимумы концентрации минерализации на уровне до 1000 мг/дм<sup>3</sup>, тогда как в современных условиях они повсеместно превышают этот уровень и доходят до 2000 мг/дм<sup>3</sup> независимо от водности года и периода во внутригодовом распределении. Такой же вывод справедлив и в отношении 1969, 1964 годов, которые приблизительно соответствуют по водности года 50 и 75 % обеспеченностям условно-естественного периода гидрологического режима. Результаты исследования также показывают, что ранее отмеченные возрастания или уменьшения фактических концентраций от створа к створу в настоящее время полностью утрачены и характеризуются неоднозначностью внутригодового распределения.

Анализ изменения внутригодового распределения кальция показывает, что во всех трех створах идет также неоднозначный процесс. По сравнению с условно-естественным периодом в зимние месяцы идет уменьшение, а в летние месяцы – возрастание их концентрации. Например, если до 1960 года зимние концентрации отмечались на уровне от 120 до 150 мг/дм<sup>3</sup>, то после

ввода Шардаринского водохранилища эти же показатели отмечены в пределах  $80 \text{ мг/дм}^3$ , причем независимо от обеспеченности. Летние минимумы кальция от  $60$  до  $100 \text{ мг/дм}^3$  возросли до  $150 \text{ мг/дм}^3$ , одновременно со сглаживанием зимних максимумов и летних минимумов.

По сравнению с кальцием, анализ изменения внутригодового распределения магния показывает, что независимо от периода года идет постоянный рост концентраций этого ингредиента, причем самый максимальный рост отмечается в створе ГП Кызылорда. Ранее отмеченные максимумы концентрации магния в пределах от  $7,0$  до  $60 \text{ мг/дм}^3$  в настоящее время стабильно находятся на уровне  $100 \text{ мг/дм}^3$  и более. Минимумы концентрации от  $10$  до  $20 \text{ мг/дм}^3$ , отмеченные во время половодья, при современных условиях фиксируются в пределах от  $60$  до  $120 \text{ мг/дм}^3$ , различаясь в зависимости от створов наблюдения. Для магния тоже характерна потеря зимних максимумов и летних минимумов с одновременным ростом концентрации на протяжении всего года при всех обеспеченностях.

Изменения внутригодового распределения суммы натрия и кальция идентичны изменениям магния, т.е. идет постоянный рост этого показателя в течение всего года независимо от обеспеченностей. Например, в створе Тюмень-Арык, в зимний период фактические концентрации суммы натрия и калия в пределах  $100 \text{ мг/дм}^3$  при  $25\%$  обеспеченности условно-естественного периода, в нарушенный же период той же обеспеченности они отмечены уже на уровне  $175 \text{ мг/дм}^3$ . Этот же показатель для ГП Кызылорда соответственно равен  $75$  и  $175 \text{ мг/дм}^3$ . В Тюмень-Арыке летние минимумы в значениях от  $25 \text{ мг/дм}^3$  возросли до  $150 \text{ мг/дм}^3$ , тогда как в ГП Казалы они составляют соответственно  $98 \text{ мг/дм}^3$  и  $325 \text{ мг/дм}^3$ . Такая же четкая картина роста концентрации суммы натрия и калия на протяжении всего года отмечена и при  $50$ ,  $75$  и  $95\%$  обеспеченностях параллельной потерей летних минимумов. В некоторые периоды во внутригодовом распределении суммы натрия и калия в створах ГП Кызылорда и Казалы соответственно достигают  $408$  и  $440 \text{ мг/дм}^3$ .

Полная противоположность росту магния – суммы натрия и калия, т.е. снижение наблюдается на примере гидрокарбонатов, причем это справедливо по отношению ко всем обеспеченностям. Концентрации гидрокарбонатов, отмечаемые на уровне  $250 \text{ мг/дм}^3$  в створе ГП Тюмень-Арык, при условно-естественном режиме достигли отметки  $175 \text{ мг/дм}^3$  в зимние месяцы. Обратная картина, т.е. некоторое повышенное содержание концентрации гидрокарбонатов отмечается в этом же створе при  $25\%$  обес-

печенности в летний период: порядка 150 мг/дм<sup>3</sup> против 120 мг/дм<sup>3</sup> естественных. Сопоставительный анализ также показывает, что при условно-естественном периоде гидрологического режима максимальные показатели гидрокарбонатов были зафиксированы в ГП Казалы, причем эти максимумы были отмечены как в летние месяцы, так и в зимние, соответственно 240 и 275 мг/дм<sup>3</sup>. Аналогично ранее отмеченной стохастичности, характерной для всех ингредиентов, эта же стохастичность характерна и для гидрокарбонатов, в нарушенном периоде гидрологического режима при всех обеспеченностях. Самые минимальные значения концентрации гидрокарбонатов нарушенного периода на уровне 38 мг/дм<sup>3</sup> в летние месяцы отмечаются в створе ГП Тюмень-Арык при 75 и 95 % обеспеченностях. Минимальный размах колебаний разности зимних и летних колебаний концентрации из всей группы главных ионов присущ только для гидрокарбонатов как при условно-естественном периоде, так и нарушенном периоде для всех рассматриваемых обеспеченностей.

Изменения внутригодового распределения сульфатов дают однозначную тенденцию на повсеместный рост этого ингредиента, при нарушенном периоде гидрологического режима против наблюдаемых значений сульфатов условно-естественного режима. Например, при 25 % обеспеченности естественного режима, максимальные концентрации сульфатов для створа Тюмень-Арык были отмечены в пределах от 200 до 300 мг/дм<sup>3</sup> в зимние месяцы и минимальные порядка 180 мг/дм<sup>3</sup>, в летние. На современном уровне они наблюдаются на уровне 500...600 мг/дм<sup>3</sup> в зимние месяцы и 200 мг/дм<sup>3</sup> в летние. Для створа Кызылорда при условно-естественном периоде в зимний период максимумы были 200...320 мг/дм<sup>3</sup> и минимумы в пределах 150...180 мг/дм<sup>3</sup>. Современные максимумы фактической концентрации сульфатов находятся в пределах 620...670 мг/л с минимумами летних месяцев от 400 до 480 мг/дм<sup>3</sup>. Эти же показатели для створа Казалы при условно-естественном периоде отмечались на уровне 300 мг/дм<sup>3</sup> и с летними минимумами 140...145 мг/дм<sup>3</sup>. Современный зимний максимум концентрации находится на отметке 650...670 мг/дм<sup>3</sup>, тогда как летний минимум составляет порядка 500 мг/дм<sup>3</sup>. Такая же картина характерна и для 50 % обеспеченности. При 75 % и 95 % обеспеченностях нарушенного режима зимние максимумы концентрации сульфатов зачастую переваливают отметку в 1000 мг/дм<sup>3</sup>, тогда как летние минимумы находятся на уровне 400...600 мг/дм<sup>3</sup>, т.е. многократно превышают предельно-допустимые концентрации.

Тенденция роста хлоридов также очевидна для всех рассматриваемых створов. В настоящее время во внутригодовом распределении хлоридов отсутствуют ярко выраженные зимние максимумы и летние минимумы, характерные для условно-естественного периода гидрологического режима. Естественные максимумы в 50...60 мг/дм<sup>3</sup> на современном уровне находятся в пределах 100...140 мг/дм<sup>3</sup>, а летние же минимумы возросли от 20...30 мг/дм<sup>3</sup> до 250 мг/дм<sup>3</sup>. При 75 и 95 % обеспеченностях современные максимумы достигли отметки 400 мг/дм<sup>3</sup>, тогда как эти максимумы при условно-естественном периоде гидрологического режима никогда не превышали 100 мг/дм<sup>3</sup>. Современные же минимумы концентрации хлоридов, находящихся в пределах 200 мг/дм<sup>3</sup>, превышают естественные минимумы порядка четырех раз. Подытоживая общий анализ изменения внутригодового распределения общей минерализации и группы главных ионов, необходимо подчеркнуть, что, за исключением кальция и гидрокарбонатов, произошли коренные изменения как во внутригодовом распределении, так и в фактических их концентрациях, ассоциирующихся только ростом. Напротив такому положению, наблюдается обратный процесс в отношении кальция и гидрокарбонатов, т.е. их повсеместное уменьшение. Общим для всех является то, что во внутригодовом распределении всех рассматриваемых ингредиентов на современном уровне отсутствуют зимние максимумы и летние минимумы, больше стало места для стохастичности чуждых для условно-естественного периода значений гидрологического режима.

В современных условиях р. Сырдарья подвергается загрязнению на всем ее протяжении в пределах Узбекистана и Казахстана. При этом немалую лепту в загрязнение водотока привносит Республика Узбекистан. Например, по результатам анализа данных Казгидромета видно, что в 1996 году на трансграничном участке реки (с. Кокбулак) в воде содержались фенолы и нитраты, превышающие в среднем свои предельно-допустимые концентрации (ПДК) в 4 раза, максимальные концентрации нитритов были на уровне 25 ПДК, фенолов – 6 ПДК, нефтепродуктов – 5 ПДК.

В нижнем течении реки, (ГП Тюмень-Арык, Кызылорда, Казалы) обнаруживаются еще большие загрязнения. Анализ “Ежегодных данных качества поверхностных вод” показывает, что в этих створах содержание нефтепродуктов в среднегодовом исчислении достигало уровня 9 ПДК, сульфатов – 7 ПДК, нитритов – 4 ПДК, при максимальных концентрациях сульфатов 8 ПДК, нитритов – 5 ПДК и нефтепродуктов – 10 ПДК. Из группы тяжелых металлов постоянно присутствует медь и с мая по июль их

содержания отмечены на уровне 1,5 ПДК при максимальных показателях 3 ПДК. Уровень загрязненности р. Сырдарья в створе ГП Казалы гексахлораном достигло 5,7 ПДК, линданом – 2,6 ПДК. Необходимо отметить, что хлорорганические пестициды не имеют лимитирования в виде ПДК. Поэтому в отношении ПДК пестицидов нами принимается нижний порог чувствительности атомно-абсорбционного метода.

Как правило, гидробиологическое исследование на р. Сырдарья проводится по фито- и зоопланктону. В настоящее время фитопланктон в водотоке представлен 47 видами и формами водорослей. Во время весеннего половодья обычно преобладают диатомовые, тогда как в летний период – синезеленые водоросли с участием пировых и золотистых водорослей, что очевидно, связано с биогенными нагрузками в водотоке. К осенней межени опять проявляется активность диатомовых водорослей с индексом сапроотности от 1,75 до 2,10.

В зоопланктонном сообществе имеются 23 вида, из них: 12 колероваток, 7 ветвистоусые, 4 веслоногие. Причем, трансграничный участок с Республикой Узбекистан является самым уязвимым местом для зоопланктонного сообщества из-за сильной загрязненности транзитного стока. Такая же картина наблюдается на отрезке между ГП Кызылорда и ГП Казалы, где практически отсутствуют эти сообщества, что связано прежде всего с сильным загрязнением реки.

#### **Комплексная оценка качества поверхностных вод и классификация водотока по степени загрязнения**

##### **Главные ионы**

Река Сырдарья по степени загрязнения по главным ионам классифицируется:

- при  $P = 25$  % обеспеченности – высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 3,69);

- при  $P = 50$  % обеспеченности – высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 3,41);

- при  $P = 75$  % обеспеченности – высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 3,59);

- при  $P = 95$  % обеспеченности – высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 3,73);

- в 2003 году – высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 3,24).

##### **Органические вещества**

Река Сырдарья по степени загрязнения органическими веществами классифицируется:

- при P = 25 % обеспеченности- умеренным уровнем загрязнения (КИЗВ = 1,76);
- при P = 50 % обеспеченности- умеренным уровнем загрязнения (КИЗВ = 1,63);
- при P = 75 % обеспеченности- высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 9,48);
- при P = 95 % обеспеченности- высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 9,69);
- в 2001 году нормативно-чистый класс (КИЗВ = 0,37).

#### **Биогенные вещества**

Комплексная оценка и классификация р. Сырдарьи по степени загрязнения биогенными веществами характеризуется:

- при P = 25 % обеспеченности с КИЗВ = 1,79 и классом умеренного уровня загрязнения;
- при P = 50 % обеспеченности с КИЗВ = 0,95 и классом нормативно-чистая;
- при P = 75 % обеспеченности с КИЗВ = 0,98 и классом нормативно-чистая;
- при P = 95 % обеспеченности с КИЗВ = 1,64 и классом умеренного уровня загрязнения;
- в 2003 году с КИЗВ = 1,21 и классом умеренного уровня загрязнения.

#### **Тяжелые металлы**

Комплексная оценка и классификация реки Сырдарьи по степени загрязнения ионами тяжелых металлов характеризуется:

- при P = 25 % обеспеченности с КИЗВ = 2,33 и классом умеренного уровня загрязнения;
- при P = 50 % обеспеченности с КИЗВ = 2,59 и умеренного уровня загрязнения;
- при P = 75 % обеспеченности с КИЗВ = 3,25 и классом высокого уровня загрязнения;
- при P = 95 % обеспеченности с КИЗВ = 2,64 и классом умеренного уровня загрязнения;
- в 2003 году с КИЗВ = 5,33 и классом высокого уровня загрязнения.

#### **Хлорорганические пестициды**

Комплексная оценка и классификация реки Сырдарьи по степени загрязнения хлорорганическими пестицидами характеризуется:

- при  $P = 25$  % обеспеченности с КИЗВ = 31,04 и классом чрезвычайно высокого уровня загрязнения;
- при  $P = 50$  % обеспеченности с КИЗВ = 87,44 и чрезвычайно высоким уровнем загрязнения;
- при  $P = 75$  % обеспеченности с КИЗВ = 67,02 и чрезвычайно высоким уровнем загрязнения;
- при  $P = 95$  % обеспеченности с КИЗВ = 60,67 и чрезвычайно высоким уровнем загрязнения.

**Очевиден факт перехода реки Сырдарьи из разряда гидрокарбонатного класса кальциевой группы в разряд сульфатного класса натриевой группы.**

#### **Принципы экологического нормирования**

Современное нарушение речной экосистемы под влиянием хозяйственной деятельности человека в различных физико-географических зонах происходит неоднозначно и зависит от интенсивности освоения территории, положения, сложности и продуктивности экосистем. Под влиянием антропогенных факторов изменяются как структурная организация речных экосистем, так и функциональные свойства. В зависимости от характера и степени воздействия антропогенных факторов в речной экосистеме происходит либо усложнение, либо упрощение структуры, а иногда и полная ее трансформация и формирование новых, не свойственных естественным природным образованиям, т.е. антропогенных техногеосистем.

При такой постановке проблема экологической безопасности в речном бассейне может быть расчленена на несколько составляющих, т.е. детерминированных через единство конечной цели, а глобальные противоречия между антропо- и биосферой преодолеваются путем превращения его в ряд локальных противоречий, разрешаемых, как правило, на основе различных методологических подходов.

Анализ наиболее распространенных систем оценок уровня антропогенного изменения биоты показывает, что различие между технократической и биотической позициями заключается в следующем. В первом случае понятие общего воздействия формируется путем соединения различных детально детерминированных антропогенных факторов, тогда как во втором по такому принципу формируется понятие биоты. Другой же элемент рассматриваемой системы “антропогенное воздействие – речная экосистема” при всех случаях априори принимается интегральным. Внутренняя противоречивость такого подхода заключается в различиях прин-

ципов формирования критериев, оценивающих состояние одинаково сложных взаимодействующих объектов.

Методологическим основанием проблемы экологического нормирования сегодня является идея построения в той или иной форме эмпирической кривой “доза-эффект” путем достаточно долгих измерении изменений в биоте речной экосистемы во времени, что не всегда оправдано из-за отсутствия статистических данных экологического мониторинга в речных бассейнах. Здесь, как необходимое следует подчеркнуть, что в настоящее время для речных бассейнов под экологическим мониторингом подразумеваются гидрологические, гидрохимические и гидробиологические мониторинги. Как показывает практика этих мониторингов недостаточно, чтобы назваться экологическим мониторингом, ибо речная экосистема как интегральный показатель содержит и другие компоненты природного комплекса, выходящие далеко за рамки водной толщи. И как следствие, природоохранное нормирование современности основывается и ограничивается на таких гидрохимических показателях как ПДС и ПДК.

По мнению автора, существующая **природоохранная нормирование имеет существенные недостатки, выражающиеся в отсутствии:**

- единой концепции природоохранного нормирования, определяющей цели и критерии оценок состояния речных экосистем при тех или иных антропогенных воздействиях;
- унифицированных принципов и методов экологического нормирования как на межгосударственном, так и национальном уровнях, четких требований к обоснованности, надежности и периодической коррекции норм и регламентов экологической безопасности;
- пространственно-временной дифференциации и ограничений на использование экологических нормативов применительно к различным природным зонам и для охраны целых речных экосистем, а не только отдельных их компонентов;
- достаточных эмпирических данных и адекватных процедур экологической диагностики состояния речных экосистем, физических и математических моделей речных экосистем;
- организационных и материально-технических условий для широкого развертывания научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по проблемам обеспечения экологической безопасности, включая и экологическое нормирование.

Сложная структура речных экосистем и комплексный характер антропогенных воздействий делают неизбежным построение общеметодического подхода к выделению пороговых ограничений при их взаимодействии на принципах редуционизма, главный из которых гласит, что свойства речной экосистемы однозначно определяются свойствами ее элементов (компонентов) и структурой их связей. Иначе говоря, общий подход к разработке способов определения биологических, гидрологических и гидрохимических ограничений антропогенных факторов напрямую вытекает из допущения, что суммарное воздействие всех антропогенных факторов на биоту равнозначно по последствиям сумме этих воздействий. В таком случае методология решения проблемы должна строиться на принципе дифференцированного рассмотрения поведения антропогенных загрязняющих веществ в транзитных и депонирующих средах.

Как следует из схемы формирования антропогенных нагрузок на речные экосистемы, применение любой современной технологии использования водных ресурсов сопровождается появлением каких-либо антропогенных факторов. Распространяясь в транзитной среде, они образуют зону антропогенного поражения, в границах которой речная экосистема испытывает антропогенную нагрузку. В результате чего меняются значение тех или иных жизнеобеспечивающих факторов для объектов биоты, что и приводит к ее последующей деградации. Отсюда вполне очевидно, что последовательность действий по созданию регламентирующих показателей антропогенных воздействий, т.е. экологическое нормирование нагрузок, должна строиться на основе обратной связи и логики.

В рамках предлагаемой модели строения биоты речных экосистем устанавливаются закономерности изменения жизнеобеспечивающих факторов, затронутых антропогенным воздействием, и диапазон толерантности к нему видов эдификаторной синузии. На основе этих данных определяется биологический норматив допустимого воздействия. Исходя из этого, предлагается следующий подход **разработки экологических норм, в основе которых должен лежать системный подход и ряд обусловленных им принципов:**

- цели: приоритет учета долгосрочных целей и последствий над краткосрочными, региональных над локальными (национальными);
- саморегуляции: учет при планировании и проектировании не только положительных, но и всей совокупности отрицательных обратных

связей, включая и те из них, которые могут возникнуть на самих поздних этапах реализации проекта;

- “доза-эффект”: разная степень поражения речной экосистемы по соотношению пораженных и непораженных частей пространства, занятого экосистемой, что является интегральным показателем внутрисистемного резерва и критерием для определения предельных уровней воздействия на речную экосистему;

- “лимита”: вытекает из общих представлений о лимитирующих (критических) факторах и связях в сложных системах – нагрузка, допустимая для самого уязвимого по отношению к ней элемента системы, предполагаемая допустимой для речной экосистемы в целом;

- максимального использования внутрисистемных сил, способных действовать в желательном направлении и компенсировать антропогенное воздействие при незначительных дополнительных условиях;

- неуклонного снижения удельной антропогенной нагрузки на каждом шаге социально-экономического развития, как единственно возможный путь стабилизации или снижения экологического риска.

Исходя из вышеизложенного, экологические нормативы, наряду с концентрациями загрязняющих веществ (гидрохимический режим) и гидробиологическим ограничением, должны включать в себя ограничения на объемы изъятия вод (отраслями экономики: сельское хозяйство, гидроэнергетика и водный транспорт, рыбо-прудовое хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство, промышленность и т.д.) из источника (т.е. упорядочение гидрологического режима путем восстановления гидрографа естественного внутригодового распределения стока), допустимые изменения его водного режима (обоснование экологического и потенциально свободного стока рек), тепловой нагрузки (температурный режим), кислородный режим. Кроме того, экологическое нормирование должно обеспечить: сохранение видового разнообразия и воспроизводства флоры и фауны речной экосистемы; затопления пойменных лугов и дельтовых участков в период весеннего половодья и паводков; промывку почв пойменных лугов и дельтовых участков; сток взвешенных наносов с площади водосбора (естественного происхождения), а не в результате русловых процессов. Только при обеспечении вышеуказанных условия нормирование можно назвать экологическим нормированием антропогенных факторов на речную экосистему.

В заключении для определения первоочередности экологического нормирования речных экосистем с напряженным экологическим состоянием предлагается в качестве критерия индекс экологической напряженности:

$$I_{эн} = \left[ \left( \sum_{i=1}^n \frac{C_{in}}{ЭН_{in}} \right) \cdot \frac{1}{n} + \left( K \frac{V}{W} \right) \right],$$

где  $C_{in}$  – фактические показатели: видового разнообразия и воспроизводства флоры и фауны речной экосистемы; затопления пойменных лугов и дельтовых участков в весенний период; гидрологического режима; гидрохимического режима; гидробиологического режима; кислородного режима; температурного режима; стока взвешенных наносов.  $n$  – количество компонентов речной экосистемы, подлежащих экологическому нормированию.  $ЭН_{in}$  – экологические нормы компонентов речной экосистемы.  $V$  – годовой валовый продукт, производимый в пределах площади водосбора в год, млрд. тенге.  $W$  – годовой сток рек и эксплуатационные запасы подземных вод, млрд. м<sup>3</sup>.  $K$  – формализованный коэффициент (*млрд. тенге / млрд. м<sup>3</sup>*) для получения индекса экологической напряженности в безразмерном виде.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Шведовский П.В. Проблемы оптимизации природопользования и природообустройства в математических моделях и методах. – Алматы: Каганат, 2003. – 532 с.
2. Бурлибаев М.Ж. Методические рекомендации по проведению комплексных исследований и оценки загрязнения природной среды в районах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию. – Алматы: Казгидромет, 2001. – 80 с.
3. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Калинин М.Ю. Гидрометрические измерения и гидрогеологические расчеты для водохозяйственных целей. – Алматы: Каганат, 2004. – 362 с.

Региональный экологический Центр Центральной Азии

#### ТРАНСШЕКАРАЛЫС ҒҰЗЕНДЕРДІҰ СУЛАРЫНЫҰ САПАСЫН БАҒАЛАУ М...СЕЛЕЛЕРІ Ж...НЕ АҒЫНДЫ ЭКОЛОГИЯЛЫС МҒЛШЕРЛЕУ ПРИНЦИПТЕРІ

Техн. Ғылымд. докторы М.Ж. БҒрлібаев

*ҒҰзендердіҰ аҒынын экологиялыҒ мҒлшерлеу принциптерін  
жҒйге келтіруді трансшекаралыҒ су аҒызу Сырдария Ғзенін мы-*

салға ала отырып, бірінші „рекет жасалынған. Автордың кезіндегі бойынша, қазіргі экологиялық мониторинг және ағымдағы экологиялық мұқияттық, яғни гидрохимиялық мониторинг және гидрохимиялық мұқияттық (ПДК), ұзартылған экологиялық категориясына жататын кәсіптік табиғи комплекстерді қорғау талаптарына жауап бермейді.

УДК 556.164(282.256.164.6)

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА Р. ЕСИЛЬ**

А.У. Ортбаева

*Проведен сравнительный анализ внутригодового распределения стока различных обеспеченностей для условно-естественного и нарушенного гидрологических режимов.*

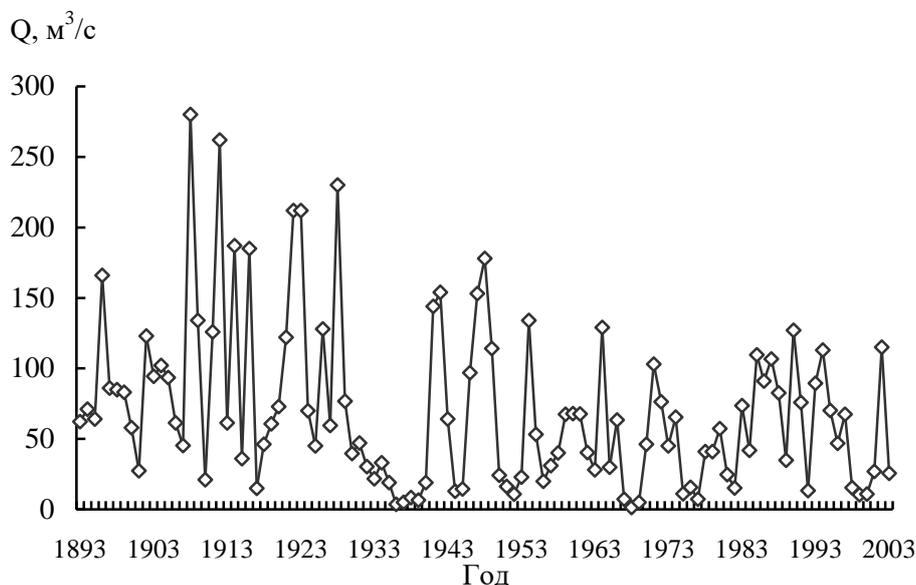
Река Есиль берет начало в Карагандинской области из родников в горах Нияз, расположенных на северной окраине Казахского мелкосопочника. До 62-го километра она протекает по Карагандинской области, далее пересекает Акмолинскую и Север-Казахстанскую области.

Долина реки большей частью имеет хорошо выраженные очертания, корытообразную форму. Ширина ее достигает 15 км. Там, где к реке близко подходят гряды холмов или течением обнажаются скальные породы, она сужается до 0,5...0,8 км. Склоны долины на таких участках крутые, иногда обрывистые. Правый склон круче левого. Высота его 15...30 м. В местах расширения долины склоны становятся пологими. Дно долины занимает пойма, многократно расширяющаяся и сужающаяся на протяжении реки. Верхняя граница поймы проходит на высоте 4...8 м. над меженим уровнем воды. Ежегодно затапливается только прирусловая пойма высотой примерно до 1,5...2,0 м. На полную ширину поймы весенние разливы происходят, в основном, в очень многоводные годы. Глубина затопления на ровных участках составляет 0,5...1,0 м. В отдельных местах с неровной поверхностью она приближается к 4...5 м [1].

Есиль относится к типу рек с ярко выраженным весенним половодьем. Основным источником питания являются талые воды, образующиеся от снеготаяния в ее бассейне.

Анализ данных среднегодовых значений расходов воды ( $Q$ ) в створе г. Петропавловск (рис. 1) за 110 летний период позволил установить их заметные многолетние изменения. В прошлом сток р. Есиль у г. Петропавловска включал известную долю стока р. Нуры, сбрасываемого в нее по системе проток Саркрама, Козгош и Мухор. Величина расхода по протоке Козгош за период с 1893 по 1931 гг. была определена равной 70 % от среднего годового расхода р. Нуры у с. Романовское. За последний период с 1932 по 1958 г. доля нуринских вод в объеме стока р. Есиль у г. Петро-

павловска в среднем составляла около 4 % [2]. Нужно отметить, что резко выраженный маловодный период в тридцатых годах (1936 г. – 3,52 м<sup>3</sup>/с, 1937 г. – 4,89 м<sup>3</sup>/с, 1938 г. – 8,36 м<sup>3</sup>/с, 1939 г. – 6,47 м<sup>3</sup>/с) является редким природным явлением, повторяющимся один раз в 100...200 лет.



*Рис. 1. График изменения средних годовых расходов воды р. Есиль у г. Петропавловска за период с 1893 по 2003 гг.*

Поэтому исследование внутригодового изменения гидрологического режима водотока было основано на многолетнем статистическом ряде с 1941 по 2003 гг. створа г. Петропавловск. Предпочтение створу г. Петропавловск отдается с учетом эффекта контроля замыкающего створа. Для получения полной картины деградации экосистемы эти наблюдения наиболее точно отражают те изменения, что произошли в естественном гидрологическом режиме замыкающего створа всего речного комплекса. Весь период наблюдений за гидрологическим режимом р. Есиль разделен на два: условно-естественный и нарушенный периоды. Разумеется, что так называемый период с естественным гидрологическим режимом будет носить признаки условности, так как начало хозяйственного освоения водных ресурсов происходило и до ввода в эксплуатацию Вячеславского и Сергеевского водохранилищ. Несмотря на наличие ранней хозяйственной деятельности, связанной с использованием стока, за начало нарушенного

гидрологического режима был принят 1969 г. – год, совпадающий с началом ввода и эксплуатации Сергеевского водохранилища.

В связи с бурным развитием промышленности в городах г. Целиноград и г. Петропавловск и сельского хозяйства в Акмолинской и Северо-Казахстанской областях появилась острая необходимость в обеспечении их электроэнергией и водой бесперебойно круглый год. Для этого были созданы водохранилища многолетнего регулирования. Сток р. Есиль зарегулирован Вячеславским (с 1969 г.), Сергеевским (с 1969 г.) и Петропавловским (с 1973 г.) водохранилищами. Отдельные периоды года на сток оказывает влияние режим работы канала Нура-Ишим. Наиболее крупные водозаборы производятся в Ишимский, Пресновский и Булаевский водоводы [5].

Учитывая специфику поставленных целей и задач, исследование изменения гидрологического режима ведется и основывается на вероятностных характеристиках двух независимых гидрологических рядов: условно-естественного и нарушенного. Известно, что ведение сопоставительного анализа между произвольно взятыми отдельными годами из двух периодов неминуемо приведет к абстрактным результатам из-за отсутствия объективного объединительного критерия между ними. Поэтому анализ производился с помощью вероятностных характеристик по обеспеченностям (25, 50, 75 и 95 %), т.е. с помощью эмпирической вероятности, основанной на реальных статистических данных, полученных с помощью непосредственных замеров на инструментальной основе.

Изменение гидрологического режима в створе г. Петропавловск базируется на констатации реальных фактов антропогенного влияния при различных обеспеченностях нарушенного режима относительно условно-естественного периода.

Бассейн р. Ишим располагается в зоне недостаточного увлажнения, годовая сумма осадков составляет около 250...350 мм. В течение года осадки распределяются очень неравномерно. На долю теплого периода (апрель – октябрь) приходится 70...82 % всех атмосферных осадков. Максимум обычно наблюдается в июле, минимум – в феврале – марте, но нередко бывает и в первый зимний месяц (декабрь). Количество выпавших осадков значительно изменяется от года к году. Максимальная высота снега и запас воды в нем чаще всего отмечаются во второй декаде марта. Сход устойчивого снежного покрова в среднем заканчивается во второй декаде апреля, сдвигаясь в ранние весны на конец марта, а в затяжные на май [3].

Основная фаза водного режима р. Есиль – весеннее половодье. Обычно весеннее половодье начинается в конце первой – начале второй декады апреля и заканчивается во второй – третьей декадах мая. Во время половодья уровень воды р. Есиль поднимается на 2...3 м. В многоводный год превышение максимальных весенних уровней над меженными в верховьях Есиля достигает 3 м, ниже г. Астана от 5 до 9 м. В половодье река сбрасывает около 90 % годового объема стока. Ледостав начинается большей частью в октябре – ноябре [2].

Сопоставительный анализ распределения стока 25 % обеспеченности показывает, что для условно-естественного периода характерны высокие расходы, при нарушенном же периоде гидрологического режима они изменены в сторону уменьшения: при естественном гидрологическом режиме (ЕГР) март – 2,77 м<sup>3</sup>/с, апрель – 58,6 м<sup>3</sup>/с, май – 1160 м<sup>3</sup>/с, июнь – 192 м<sup>3</sup>/с, июль – 49,3 м<sup>3</sup>/с, август – 23,1 м<sup>3</sup>/с, при нарушенном гидрологическом режиме (НГР) март – 7,27 м<sup>3</sup>/с, апрель – 37,9 м<sup>3</sup>/с, май – 597 м<sup>3</sup>/с, июнь – 247 м<sup>3</sup>/с, июль – 67,3 м<sup>3</sup>/с, август – 27,2 м<sup>3</sup>/с. Необходимо отметить, что в июне в нарушенном периоде наблюдается увеличение стока по сравнению с естественным режимом.

Произошедшие изменения в меженном периоде заслуживают внимания. При условно-естественном режиме во внутригодовом распределении стока фактические расходы отдельных меженных месяцев составили: сентябрь – 18,3 м<sup>3</sup>/с, октябрь – 16,3 м<sup>3</sup>/с, ноябрь – 13,6 м<sup>3</sup>/с, декабрь – 11 м<sup>3</sup>/с, январь – 4,25 м<sup>3</sup>/с, февраль – 3,27 м<sup>3</sup>/с. При нарушенном гидрологическом режиме внутригодовое распределение стока характеризуется следующим образом: сентябрь – 24,4 м<sup>3</sup>/с, октябрь – 16 м<sup>3</sup>/с, ноябрь – 14,6 м<sup>3</sup>/с, декабрь – 13 м<sup>3</sup>/с, январь – 12,1 м<sup>3</sup>/с, февраль – 10,3 м<sup>3</sup>/с.

Аналогичные изменения произошли и во внутригодовом распределении среднего стока (50 % обеспеченность), где расходы воды в мае нарушенного периода уменьшились на несколько порядков по сравнению с естественным периодом, но, в противовес этому, возросли расходы воды последующего месяца – июня. Таким образом, весенне-летний сток воды за отдельные месяцы условно-естественного периода был отмечен: март – 4,19 м<sup>3</sup>/с, апрель – 76 м<sup>3</sup>/с, май – 406 м<sup>3</sup>/с, июнь – 88 м<sup>3</sup>/с, июль – 19 м<sup>3</sup>/с, август – 10 м<sup>3</sup>/с. Внутригодовое распределение стока за НГР характеризуется следующим образом: март – 16 м<sup>3</sup>/с, апрель – 46,9 м<sup>3</sup>/с, май – 311 м<sup>3</sup>/с, июнь – 99,1 м<sup>3</sup>/с, июль – 28,3 м<sup>3</sup>/с, август – 12,1 м<sup>3</sup>/с.

Осеннее-зимние расходы воды при ЕГР: сентябрь – 7,6 м<sup>3</sup>/с, октябрь – 6,8 м<sup>3</sup>/с, ноябрь – 6,2 м<sup>3</sup>/с, декабрь – 4,2 м<sup>3</sup>/с, январь – 4,97 м<sup>3</sup>/с, февраль – 4,62 м<sup>3</sup>/с. При НГР: сентябрь – 10,2 м<sup>3</sup>/с, октябрь – 8,26 м<sup>3</sup>/с, ноябрь – 6,11 м<sup>3</sup>/с, декабрь – 6,06 м<sup>3</sup>/с, январь – 7,6 м<sup>3</sup>/с, февраль – 10,1 м<sup>3</sup>/с.

Внутригодовая динамика изменения стока 75 % обеспеченности в ЕГР выглядит следующим образом: январь – 1,46 м<sup>3</sup>/с, февраль – 1,53 м<sup>3</sup>/с, март – 1,34 м<sup>3</sup>/с, апрель – 17,8 м<sup>3</sup>/с, май – 163 м<sup>3</sup>/с, июнь – 47,7 м<sup>3</sup>/с, июль – 16,2 м<sup>3</sup>/с, август – 9,22 м<sup>3</sup>/с, сентябрь – 5,58 м<sup>3</sup>/с, октябрь – 4,56 м<sup>3</sup>/с, ноябрь – 3,11 м<sup>3</sup>/с, декабрь – 2,55 м<sup>3</sup>/с. При НГР: январь – 3,09 м<sup>3</sup>/с, февраль – 3,62 м<sup>3</sup>/с, март – 2,91 м<sup>3</sup>/с, апрель – 81,3 м<sup>3</sup>/с, май – 124 м<sup>3</sup>/с, июнь – 43,6 м<sup>3</sup>/с, июль – 10,4 м<sup>3</sup>/с, август – 5,4 м<sup>3</sup>/с, сентябрь – 6,18 м<sup>3</sup>/с, октябрь – 6,15 м<sup>3</sup>/с, ноябрь – 4,61 м<sup>3</sup>/с, декабрь – 3,77 м<sup>3</sup>/с.

Произошли коренные изменения во внутригодовом распределении стока 95 % обеспеченности в нарушенном периоде. При условно-естественном режиме фактические расходы отдельных месяцев составляли: январь – 1,83 м<sup>3</sup>/с, февраль – 1,67 м<sup>3</sup>/с, март – 2,03 м<sup>3</sup>/с, апрель – 5,84 м<sup>3</sup>/с, май – 79,3 м<sup>3</sup>/с, июнь – 16,5 м<sup>3</sup>/с, июль – 9,62 м<sup>3</sup>/с, август – 4,58 м<sup>3</sup>/с, сентябрь – 3,1 м<sup>3</sup>/с, октябрь – 2,71 м<sup>3</sup>/с, ноябрь – 2,41 м<sup>3</sup>/с, декабрь – 1,79 м<sup>3</sup>/с.

Внутригодовое распределение стока при НГР характеризуются следующим образом: январь – 6,38 м<sup>3</sup>/с, февраль – 10 м<sup>3</sup>/с, март – 11,3 м<sup>3</sup>/с, апрель – 23,3 м<sup>3</sup>/с, май – 17,9 м<sup>3</sup>/с, июнь – 15 м<sup>3</sup>/с, июль – 8,08 м<sup>3</sup>/с, август – 6,38 м<sup>3</sup>/с, сентябрь – 6,56 м<sup>3</sup>/с, октябрь – 6,84 м<sup>3</sup>/с, ноябрь – 6,2 м<sup>3</sup>/с, декабрь – 6,83 м<sup>3</sup>/с.

Полученные результаты исследования внутригодового распределения стока как за условно-естественный, так и за нарушенный периоды различной обеспеченности показывают, что при нарушенном режиме происходит существенное изменение внутригодового распределения стока - некоторое увеличение его значений в межень и срезка максимума половодья.

На рис. 2 видно, что хорошо выраженные при естественном режиме максимумы стока в условиях нарушенного гидрологического режима сильно сглажены, а в июне несколько увеличены за счет попуска воды из водохранилищ, расположенных выше по течению реки. Также хорошо заметно увеличение стока в январе, феврале и марте в маловодные годы 75 % и 95 % обеспеченности, особенно после средних по водности и многоводных лет. Существенное изменение внутригодового распределения стока в условиях его регулирования при всех значениях обеспеченности речного стока.

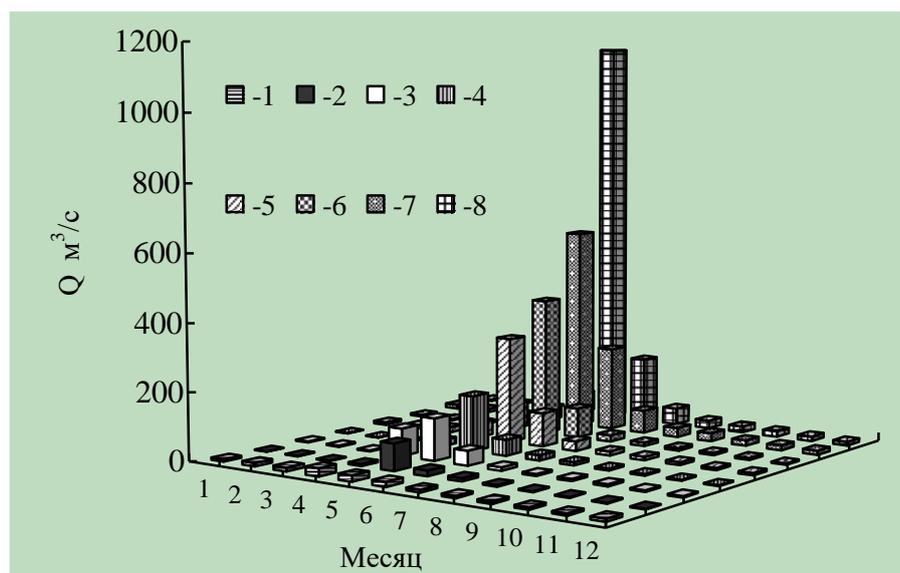


Рис. 2. Внутригодовое распределение стока р. Есиль (г. Петропавловск) при различных обеспеченностях для условно-естественного и нарушенного гидрологических режимов.

1 – 1999 г. 95 % при НГР; 2 – 1952 г. 95 % при ЕГР; 3 – 1981 г. 75 % при НГР; 4 – 1953 г. 75 % при ЕГР; 5 – 1996 г. 50 % при НГР; 6 – 1955 г. 50 % при ЕГР; 7 – 1993 г. 25 % при НГР; 8 – 1964 г. 25 % при ЕГР.

В заключении следует отметить, что благополучие и жизнедеятельность экосистемы в естественных условиях определяется распределением стока внутри года. При этом эти характеристики оптимально обеспечиваются водой только в период половодья. В условиях регулирования стока удастся поддерживать оптимальный режим жизнедеятельности экосистем в различные по водности годы как вовремя половодья, так и период межени.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель / Под ред. Б.А. Урываева. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – Вып. 1. – 789 с.
2. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель / Под ред. Б.А. Урываева. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – Вып. 5. – 471 с.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 18, Ч. 1 – 6, Книга 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 440 с.
4. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Вып.1. Том 5. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 466 с.

5. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши.  
Вып. 1, Ч. 1, Книга 1. – Алматы, 2002...2004 гг. – 191 с.

Центр экологического мониторинга окружающей среды РГП «Казгидромет»

**ЕСІЛ ӨЗЕНІ СУ РЕЖІМІНІҢ ӨЗГЕРУІН БАҒАЛАУ**

А.У. Ортбаева

*Шартты – табиғи және өзгерген гидрологиялық  
режімдерде, ағынның әртүрлі қамтамасыздықта жыл ішінде  
таралуына салыстырмалы талдау.*

УДК 551.311.21:586 (574)

**ОЦЕНКА ДОПУСТИМЫХ РАЗМЕРОВ УЩЕРБА ОТ СЕЛЕЙ  
РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ**

Канд. геогр. наук

Е.А. Таланов

*Определена и обоснована функция потерь от селевых потоков для Алматинской области на основе систематизированных данных по десяти крупным селям с учетом их географических и геофизических особенностей. Установлена верхняя граница значений незначительных средних потерь при отдельных катастрофах.*

Селевые явления – форма реализации селевого процесса в условиях определенной географической обстановки, естественной или измененной человеком [5]. Они включают в себя не только селевой процесс, но и его результат – рельеф и отложения селевого генезиса. Интенсивность развития селевого процесса во времени и в пространстве называют селевой активностью. Для оценки селевой активности во времени в пределах одного селевого бассейна используют показатели *повторяемости* и *объема селевых выносов* [5]. Для оценки селевой активности в пространстве используют показатели относительной густоты сети селевых русел (площади селевых очагов) и объема селевых выносов. Оценку степени селевой опасности целесообразно производить на основе двух показателей – степени селевой активности и степени освоенности территории или значимости объектов, расположенных в зоне возможной селевой угрозы в стоимостном выражении.

Селевые явления могут вызвать аварии техногенного характера, а это, в свою очередь, приводит к экологическим нарушениям. К природным источникам экологической опасности обычно относят процессы и явления, происходящие в самой природной среде и вызывающие отклонения ее состояния от «нормы», следствием чего являются экономические потери у различных общественных объектов. Определить точные размеры ущербов от экологических нарушений, которые возникают у отдельных объектов и общества в целом, в привычном для экономистов стоимостном эквиваленте часто не представляется возможным. Это связано хотя бы с тем, что многие статьи ущербов в денежном выражении не поддаются учету, по другим отсутствуют методики перевода их в стоимостное выражение, по третьим – еще не накоплено достаточно информации, чтобы

сделать обоснованные расчеты [11]. Например, в настоящее время отсутствуют оценки ущерба, когда самочувствие людей ухудшается вследствие снижения эстетического вида окружающей среды, вызываемого разрушением природных ландшафтов. Не поддаются однозначной оценке изменения, происходящие в среде обитания, структурах растительного и животного мира. Отсутствие знаний об экологических взаимосвязях мешает установлению оценок экономических потерь от сокращения пространства существования биологических сообществ и т.д.

Ущерб от селей – потери трудовых, материальных и финансовых ресурсов, вызванные разрушительным воздействием потока на хозяйственные объекты [5]. Ущерб от селей складывается из невосполнимых материальных потерь и расходов на ликвидацию последствий. Основными объектами разрушительного воздействия селей являются: жилые и производственные здания; полотно железных и шоссейных дорог с искусственными сооружениями вдоль них, подвижной состав, автотранспорт; сельскохозяйственные земли, урожай, скот; линии электропередачи, газопроводы, каналы; здания и сооружения спортивного и туристического назначения. Существует два аспекта оценки ущерба от селей – социальный и экономический. К *социальному* относится ущерб, связанный с людскими потерями и различными нарушениями ритма общественной жизни, к *экономическому* – ущерб, наносимый объектам хозяйства, который может быть выражен в натуральных показателях и имеет стоимостную оценку. Экономический ущерб подразделяют на *прямой* (результат прямого физического воздействия потока) и *косвенный* (результат нарушения ритма хозяйственной деятельности и жизни населения вследствие формирования селя). Сумма величин прямого и косвенного ущерба образует *фактический* ущерб. Социальный и ожидаемый экономический ущерб служит основными критериями при обосновании суммы расходов на реализацию *мер защиты от селей*.

Во многих странах неоднократно предпринимались попытки определения хотя бы масштабов поддающихся учету потерь, вызванных стихийными явлениями, в том числе селевыми потоками. Эти потери охватывают в основном экономическую составляющую ущерба и лишь частично социальную, практически не отражая его эстетическую сторону. Однако следует признать, что оценки и таких достаточно усеченных по составу потерь впечатляют. Так, общая величина ущерба от разрушения окружающей среды по далеко неполному перечню статей составила около 6 % валового внутреннего продукта (ВВП) ФРГ (на начало 80-х годов). По другим оценкам,

если к данным потерям добавить расходы на защиту населения от загрязнения окружающей среды путем изменения условий проживания (перестройка жилого фонда, удлинение поездок до новых мест отдыха и т.п.), то ежегодный экологический ущерб составит 180 млрд. марок или 10 % ВВП страны [11]. К началу 90-х годов в промышленно развитых странах Европы ежегодный ущерб от загрязнения окружающей среды составлял уже 4...8 % ВВП, в том числе в странах ЕС – 6...8 %.

Японские специалисты, используя более сложную методику определения комплексной величины как ущерба от загрязнения окружающей среды, так и чистого национального богатства (рассчитываемого как сумма стоимости накопленных материальных благ, знаний, здоровья населения и природных богатств), установили, что удельный вес экологического ущерба в составе этого показателя только за период с 1955 по 1970 годы в стране увеличился почти в 70 раз и составил 13,8 %. **Опасность экологическая** – ситуация, в которой могут происходить нежелательные события, вызывающие отклонения состояния *здоровья населения* и/или состояния *окружающей среды* от их среднестатистического значения; отклонение определенных *параметров*, признаков, факторов, характеризующих состояние окружающей среды, от их установленных (оптимальных, допустимых и т.д.) значений [8]. Мерой экологической опасности является **риск**.

Существуют определенные сложности оценки ущербов и от чрезвычайных ситуаций (ЧС) различной природы. Так, по данным научного Центра по эпидемиологическим катастрофам (Брюссель), природные катастрофы с 1965 по 1992 годы нанесли ущерб мировому сообществу на сумму примерно 340 млрд. долларов. При этом по мере развития экономики, роста численности населения создаются предпосылки формирования более уязвимой окружающей среды, в которой происходит постоянное увеличение техногенных аварий и природных стихийных бедствий (катастроф), сопровождающихся все большими по своим размерам экономическими ущербами. Так, только пострадавших в мире от них ежегодно увеличивается на 6 %. В мире постоянно увеличивается число крупнейших природных катастроф с величиной ущерба, превышающей 1 % ВВП пострадавшей территории. Экономический ущерб от стихийных бедствий (по достаточно грубым подсчетам) в эти годы составил: 63,2 млрд. долларов США (более 1000 долларов год на одного жителя) и в развивающихся странах – 23 млрд. долларов (9 долларов). Разница в цифрах объясняется

более высоким уровнем материальных ценностей, накопленных в развитых странах. За последние 30 лет количество таких катастроф возросло более чем в 4 раза [11]. Они уносили и уносят тысячи человеческих жизней, разрушают города, дороги и все, что создано трудом многих поколений людей, при этом 57 % общего числа людей, пострадавших от стихийных природных бедствий в мире за период 1993–2002 гг., приходится на наводнения, 30 % на засухи, 1 % на сели и лавины. К числу наиболее опасных гидрологических явлений относятся наводнения, маловодье, сели, заторно-зajorные явления [12].

Материальный ущерб, который наносят оползни и сели в таких странах, как Япония, Италия и США в каждой из них ежегодно превышает 1 млрд. долларов [4]. Для большинства стран, к сожалению, отсутствуют достоверные данные об экономическом ущербе, возникающем в результате таких стихийных бедствий, за исключением разрозненных отчетов об отдельных катастрофах. Столь же не полной является информация о жертвах. Однако там, где такая информация все-таки собирается и систематизируется, годовые цифры ущерба и человеческих жертв оказываются впечатляющими. В Японии, например, в период между 1967 и 1982 годами от оползней и селей в среднем за год погибало около 150 человек, т.е. в целом больше, чем от наводнений. В США аналогичные бедствия ежегодно завершались гибелью около 25 человек.

На территории РФ ежегодно происходило около 1350 техногенных и природных ЧС (за период с 1993 по 1999 годы). За последние два года этого периода только прямой материальный ущерб составил почти 15 млрд. руб. (1998 г.) и свыше 21 млрд. руб. (1999 г.), причем примерно 75...80 % этого ущерба приходится на природные ЧС. Среди стихийных бедствий в РФ лидируют (в %): наводнения – 36, ураганы, бури, штормы, смерчи – 20, сильные и длительные ливни – 14, землетрясения – 8, оползни, обвалы и сели – 5. Уязвимость объектов от чрезвычайных ситуаций различной природы ежегодно повышалась примерно на 4 % по числу погибших и на 10 % по нанесенному материальному ущербу (по состоянию на 90-е годы). Общий ежегодный совокупный материальный ущерб обществу с учетом затрат на ликвидацию последствий от ЧС различных типов в РФ оценивается в 100...125 млрд. руб. Из этой суммы 60 % приходится на природные ЧС, что составляет примерно 1 % ВВП страны. Ориентировочный социально-экономический ущерб от селей (приводящих к гибели людей) составил среднемноголетнюю величину 7 млн. руб. в год, а разовый

(возможный) достигает 0,68 млрд. рублей [11]. За последние годы произошло не только уточнение трактовки территориального уровня составления кадастра, но изменились подходы к ГВК и его ведению (1996 г). В список видов водных объектов ГВК были добавлены пруды, болота и снежники, а исключены из списка селевые потоки [1].

Около 75 % территории Казахстана подвержено повышенному риску природных катастроф [6], в том числе от формирования селевых потоков в Алматинской, Мангистауской, Южно-Казахстанской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской областях. На горной территории республики в пределах Казахстанского Алтая, Тарбагатая, Саура, Кетменя, Джунгарского, Терскей, Кунгей, Заилийского Алатау, Киргизского хребта и хребтов Западного Тянь-Шаня выявлено 5140 селевых очагов и более 300 селевых бассейнов [6], а в общей сложности около 70 % горных районов принадлежит к категориям средней и высокой селеопасности [2]. Имеются сведения о почти 800 крупных селевых потоках различного происхождения, но они не в полной мере отражают реальные масштабы селевой деятельности из-за неравномерности и весьма слабой изученности селевых бассейнов. Наиболее часто, более чем в 80 % случаев, возникали ливневые сели. В зоне воздействия селевых потоков находятся наиболее освоенные и густонаселенные районы, в них проживает более 6 млн. человек и расположены крупные города, такие как Алматы, Талдыкорган, Шымкент, Жамбыл. В период с 1920 по 1999 годы от селевых потоков здесь погибло более 1000 человек [6], из них около 500 человек в Алма-Ате (1921 г.) [13]. Согласно имеющимся оценочным расчетам, только прямой суммарный материальный ущерб от возможных селевых потоков в Казахстане может превысить 700 миллионов долларов США за селеопасный период [6].

Описание в работах [2, 4, 6, 13], выдающихся селевых потоков на реках Каскелен (1988), Б. Алматинка (1977), М. Алматинка (1921, 1973, 1999 годы), Талгар (1993), Исык (1963), Текели (1959), Сарканд (1982), характеризует некоторые факторы и условия формирования природных катастроф. Талдыбулакский оползень (14 марта 2004 г.), преодолев путь около полутора километров с перепадом высот 300 м (в диапазоне высот 900...1245 м) и со скоростью до 50 км/час, отложил почвенно-грунтовую массу объемом более 1 млн. м<sup>3</sup> (а по некоторым оценкам 3 млн. м<sup>3</sup>) [3]. По имеющимся данным об ущербе от оползней и селевых потоков в Алматинской области (см. табл.) определены, в соответствии с методикой [10], индексы географической составляющей потерь (ISg) и за счет разрушительной силы (ISc) катастроф, обуславливающие потен-

циальные потери (IS). Характерные масштабы селевых явлений  $S_0 = 50 \text{ км}^2$ ,  $\tau_0 = 6$  часов (или  $6,849 \cdot 10^{-4}$  год) с разрушительной максимальной силой в 10 баллов вполне согласуются с общепринятыми оценками для основных опасных явлений природы. По данным [7], для града/грозы предельное разрушение составляет 6 баллов при площади распространения  $1 \text{ км}^2$  и продолжительности 1 час ( $1,14 \cdot 10^{-4}$  год), для оползня воздействие оценено в 10 баллов при площади в  $100 \text{ км}^2$  за тот же интервал времени, наводнение охватывает 1000 тыс.  $\text{км}^2$  при продолжительности 240 часов ( $2,74 \cdot 10^{-2}$  год) с разрушительной способностью 8 баллов. Наиболее опасные для человечества катастрофы – это те, которые имеют большую продолжительность и площадь распространения.

Для идентификации средних геометрических значений площади ( $S$ ), охваченной катастрофами, и их продолжительности ( $T$ ) используются выражения

$$S = (\prod S_i)^{1/n}, \quad T = (\prod \tau_i)^{1/n}.$$

При расчете потерь от селей учитывались не только число погибших человек (для регионального уровня  $C_0 = 500$  чел.), но и количество пострадавших ( $C_0 = 1000$  чел.) с весовым коэффициентом равным 0,3. В Казахстане, в соответствии с критериями чрезвычайных ситуаций природного характера [6], размер регионального прямого материального ущерба может достигать 5 млн. минимальных расчетных показателей или составить 38 млн. долларов США.

Приведенные потери от экзогенных процессов (IS) имеют наибольшую величину 2,35 (см табл.) для селевого потока на М. Алматинке (1921 год), сформированного в результате выпадения дождя, и наименьшее значение (минус 1,57) для аналогичного явления, имевшего место в 1999 году на реке Беделбай (приток М. Алматинки). Для гляциального селя (1973 г.) приведенные потери характеризуются величиной 1,09. Таким образом, можно ранжировать явления по силе разрушения и причиненному ущербу, обеспечивая тем самым единый подход к определению эффекта разных природных катастроф и стихийных бедствий. Анализируя представленные данные в таблице, можно сделать вывод, что географическая составляющая потенциальных потерь от селей (ISg) имеет тенденцию к уменьшению значения во времени за счет проведения профилактических и селезащитных мероприятий. Так, в селевом бассейне М. Алматинка этот показатель изменяется от 1,29 (1921 г.) до минус 1,39 (1999 г.), тогда как по оценкам [10] для Карасайского района значение ISg равно 0,20 за счет высокой концентрации населения ( $69 \text{ чел./км}^2$ ) и эконо-

мических факторов. Следует отметить, что учет повышенной концентрации городского населения в формуле для индекса ISg пока не произведен.

По существу, более или менее точно предвидеть ущерб невозможно, поскольку заранее не известно, какой силы будет событие, как оно будет развиваться, в какой степени помогут снизить его размер защитные мероприятия, как проявит себя персонал в нестандартной ситуации, от эффективности действий которого часто зависит и размер ущерба и т.д. В связи с этим теория риск-анализа не предполагает обязательность однозначной и точной оценки ущерба в каждой конкретной ситуации. Как правило, целью этого этапа исследований является **формирование закона распределения вероятностей ущерба на однотипных объектах для того или иного неблагоприятного события с учетом его силы**. Таким образом, этот закон можно считать условным распределением, соответствующим характеристикам определенного неблагоприятного события и ряду условий его проявления (защищенности объекта, возможности развития каскадных эффектов и т.п.).

В исследованиях риска обычно используются некоторые  *типовые законы распределения ущербов* (экспоненциальный, нормальный, логнормальный и т.п.). Это связано с тем, что на практике с достаточной степенью точности для каждого случая общий закон сформировать не представляется возможным. Обычно закон с той или иной степенью достоверности отражает эмпирические частоты размеров понесенного ущерба при аналогичных, имевших место в прошлом ситуациях, выражает более или менее правдоподобные теоретические концепции. Существует значительная неопределенность в оценках закона распределения ущерба по объектам разного уровня, вызванная отсутствием хорошо обоснованных методов прогнозирования вероятностей проявления неблагоприятных событий с экологическими последствиями, методов оценки вероятностей появления ущербов разной величины у отдельных объектов (условных вероятностей), а также методик определения стоимостных показателей ущербов.

Для Алматинской области функция средних потерь от селей (по данным 1998...2003 гг.), которая выражена через показатель (IS), расположена выше значений причиняемых ущербов отдельными катастрофами, за исключением чрезвычайного события 1921 года (рис.). Несмотря на то, что разрушительная сила этого селевого потока оценена величиной ISc (геофизический индекс) равной всего 1,06 (см. табл.), но воздействие природной стихии пришлось на незащищенный город с высокой плотностью



Таблица

## Основные характеристики экзогенных явлений и причиненный от них ущерб в Алматинской области

Шифр по каталогу [11]	Селевой бассейн	Год	Характеристика селевых явлений		Ущерб					Индекс потенциальных потерь			Селевая опасность, балл
			продолжительность, час	площадь, км <sup>2</sup>	пострадало человек	погибло человек	млн. руб. (млн. тенге)	млн. \$ США	курс руб. (тенге) к 1\$ США	ISg	ISc	IS	
				Зайлийский Алатау									
13(8)26	М. Алматинка	1921	3	120	80	500	700	700	1,0	1,29	1,06	2,35	10
13(8)33	Иссык	1963	4	256	1000	100	10	10	1,0	-0,12	1,52	1,43	10
13(8)26	М. Алматинка	1973	3	77,5		30	50	40	0,8	0,22	0,87	1,09	10
13(8)25	Б. Алматинка	1977	3	280		10	10	8,0	0,8	-0,64	1,39	0,75	10
13(8)17	Каскелен (Жаманкум)	1988	48	6,4		5	10	6,9	0,69	-0,72	0,99	0,28	10
13(8)29	Талгар	1993	3	119		0	130	2,32	0,018	-1,22	0,82	-0,40	9
13(8)26	Беделбай	1999	6	5,92	100	0	(50)	0,418	(0,008)	-1,39	-0,18	-1,57	9
13(8)37	Талдыбулак	2004	12	2,0	50	29	(5)	0,038	(0,0077)	-1,13	-0,83	-1,96	7
				Джунгарский Алатау									
14(3)30	Текели	1959	6	63,0	300	89	2	2,0	1,0	-0,49	0,84	0,35	9
14(5)6	Сарканд	1982	6	228		0	3	2,4	0,8	-1,26	1,40	0,14	9



населения. Именно эта особенность отражается показателем ISg, имеющего высокое значение 1,29.

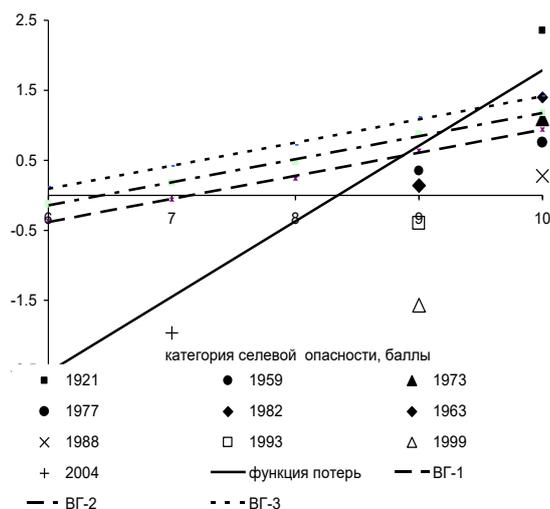


Рис. Функция потерь и верхняя граница (Вг) значений средних потерь при различной селевой опасности в Алматинской области

Вместе с тем стратегию поведения (защиты от последствий неблагоприятных ситуаций) объект часто выбирает, исходя из показателей максимально приемлемой величины ущерба и максимально допустимой вероятности его возникновения. Содержательный смысл последней характеристики состоит в том, что в качестве исходного показателя при разработке стратегии защиты принимается некоторое очень малое значение вероятности получения крупных убытков. Так, допустимый уровень вероятности аварийной ситуации с большим ущербом (катастрофы) на промышленных предприятиях определяется величиной  $10^{-5} \dots 10^{-6}$  в год. Максимально приемлемое значение величины ущерба является ориентиром для обоснования и внедрения в практику мероприятий по защите объекта от неблагоприятных воздействий, обусловленных загрязнением окружающей среды. Ущерб ниже этого уровня рассматриваются как естественные в данной ситуации. Их снижение не приносит ощутимой выгоды объекту, например, из-за того, что стоимость необходимых для этого защитных мероприятий превышает размер таких убытков.

Для каждого объекта верхняя граница приемлемого риска достаточно индивидуальна. Как правило, она определяется величиной непредвиденных допустимых издержек его функционирования (для промышленных объектов), степенью устойчивости по отношению к силе антропоген-

ного воздействия (для природных комплексов), соотношением затрат и выгод, связанных со снижением риска. В мировой практике выработаны определенные рекомендации по установлению границы приемлемого риска для человека, которые используются при обосновании систем безопасности жизнедеятельности населения и нормативов качества окружающей среды. При этом уровни приемлемого риска для разных стран отличаются весьма существенно. В Голландии, при обосновании размещения производства, исходят из предельной величины приемлемого риска  $10^{-6}$  в год (вероятность гибели одного человека в результате аварии на производстве). В Великобритании этот показатель определяется уровнем  $6 \cdot 10^{-6}$ , установленным Комитетом по здравоохранению и промышленной безопасности. В. Маршалл, анализируя смертность населения в развитых странах, пришел к выводу, что граница приемлемого риска должна быть выше величины  $5 \cdot 10^{-6}$  (уровень фонового риска смертности от совокупности различных причин). В Российской Федерации, учитывая сложившуюся экономическую ситуацию, частоту аварий и катастроф природного и техногенного характера, реально возможную величину вложений в систему безопасности и другие факторы социально-экономического развития, уровень приемлемого риска должен составлять величину, находящуюся в пределах  $10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-5}$  [11].

Если в рассматриваемом регионе происходит множество однородных по потерям катастроф, то для выяснения границ, при выходе за которые средние потери оказываются значимыми для геофизических процессов, следует принять во внимание экономический потенциал района. Его можно охарактеризовать величиной допустимой погрешности при расчете бюджета этого региона. Обозначив величину бюджета через  $BV$  и учитывая, что при сравнении бюджетов публикуют относительные данные с точностью до десятых долей процента, можно определить верхнюю границу  $m_{ISm}$  значения незначительных средних потерь при отдельных катастрофах –  $m_{is}$  [7]:

$$m_{ISm} = lg \left( \frac{0,001}{m_{\beta}} \right) BV \geq m_{is}, \quad (1)$$

где  $m_{\beta}$  – математическое ожидание случайной функции регистрации селевого потока за выбранный календарный период, которое является вероятностью рассматриваемых катастроф за этот период (размерность 1/год), т.е. риском.

По формуле (1) допустимые потери при селевых потоках, формирующихся не чаще одного раза в пять лет ( $m_{\beta} = 1/5$ ), не превышают 0,5 % ве-

личины *BV* годового бюджета региона. Тогда как для селей, возможных раз в сто лет, допустимы и потери 10 % величины годового бюджета региона. В 1974 году бюджет Алматинской области составлял около 108 млн. руб. (87 млн. долларов США), поэтому верхняя граница потерь (ВГ-1), показанная на рисунке, являлась приемлемой для селей, масштаб которых не превышает по объему переносимого грунта 100 тыс. м<sup>3</sup> (разрушительная сила до 9 баллов). В настоящее время бюджет Алматинской области возрос в среднем до 158 млн. долларов США (период 1998...2003 гг. [9]), поэтому величина потенциальных возможностей региона повысилась (ВГ-2), что создает предпосылки для реализации противоселевых защитных мероприятий. Ежегодное выделение средств из бюджета области до 5 % необходимое и достаточное условие для организации мониторинга за селевыми явлениями и их прогнозирования, повторяемость которых не реже одного раза в 50 лет. Для редких событий (повторяемость один раз в 100 лет), которые наносят ощутимый ущерб региону, даже выделяемые ежегодные средства в пределах 10 % от бюджета в масштабе не только Алматинской области (ВГ-2), но Республики Казахстана (ВГ-3) будут явно недостаточными для ликвидации последствий и компенсации (восстановления) потерь. Для создания безопасных условий жизнедеятельности в регионе необходимо провести научно-обоснованную оценку селевого риска с целью разработки комплексной схемы системы наблюдений (мониторинг, прогноз) и эффективной защиты населения (управление риском) от мощных селевых потоков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вуглинский В.С., Пугач С.Л., Резник Э.А. Система гидрологических наблюдений: проблемы получения данных, их обобщения и обеспечения потребителей. Государственный водный кадастр. // Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда. – СПб.: Гидрометеоздат, 2004. – С. 15–20.
2. Медеуов А.Р., Нурланов М.Т. Селевые явления сейсмоактивных территорий Казахстана: (Проблемы управления). – Алматы: Каржыкаражат, 1996. – 204 с.
3. Науменко А.А. В горах сошли оползни и оплывины. // Вестник КазНУ. Сер. Географическая. – 2004. – №1 (18). – С.185–186.
4. Оползни и сели. Т. 2. – М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1984. – 249 с.
5. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 46 с.

6. План подготовленности Казахстана к природным катастрофам (Проект Правительства РК KAZ(98/003/B/07/99). – Алматы, 2000. – 256 с.
7. Русин И.Н. Стихийные бедствия и возможности их прогноза. – СПб.: РГГМУ, 2003. – 140 с.
8. Снакин В.В. Экология и охрана природы. Словарь справочник. / Под ред. А.Л. Яншина. – М.: Academia, 2000. – 384 с.
9. Статистический ежегодник Алматинской области. 2003 год – Талдыкорган, 2004. – 539 с.
10. Таланов Е.А. Методика оценки потенциального ущерба от разрушительной силы селевых явлений. // Вестник КазНУ. Сер. Географическая. – 2005. – №1 (20). – С.53–60.
11. Тихомиров Н.П., Потравный И.М., Тихомирова Т.М. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками. – М.: ЮНИТИ, 2003. – 350 с.
12. Фролов А.В., Борщ С.В., Дмитриев Е.С., Болгов М.В., Алексеевский Н.И. Опасные гидрологические явления: методы анализа и прогнозирования, смягчение негативных последствий // Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда. Пленарное заседание. – СПб.: Гидрометеоздат, 2004. – С. 21–26.
13. Yesenov Y.E., Degovets A.S. Protection of the city of Alma-Ata from mud-rock flows, Landslides and mudflows. Reports of Alma-Ata International Seminar, Alma-Ata, October 1981, –UNESCO. – 1982. –P. 454-465.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

### **ҚАУАТЫ ӘРТҮРЛІ СЕЛДЕРДЕН БОЛАТЫН ЗИЯННЫҢ РАУАЛЫ МӨЛШЕРІН АЙМАҚТЫҚ ДЕҢГЕЙДЕ БАҒАЛАУ**

Геогр. ғылымд. канд. Е.А. Таланов

*Алматы облысы үшін сел ағындарынан болатын шығын функциясы он ірі сел бойынша олардың географиялық және геофизикалық ерекшеліктерін есепке ала отырып анықталған және негізделген. Жекелеген апаттар кезіндегі шамалы орташа шығындардың жоғарғы шекарасы белгіленген.*

УДК 556.33.4.04

**ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СЛОИСТОЙ ТОЛЩИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНОГО ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННОГО И ОПЫТНО-МИГРАЦИОННОГО ОПРОБОВАНИЯ**

Канд. геол.-минер. наук М.М. Бураков  
Канд. геол.-минер. наук Д.А. Касымбеков  
В.В. Недюжин  
А.В. Набока

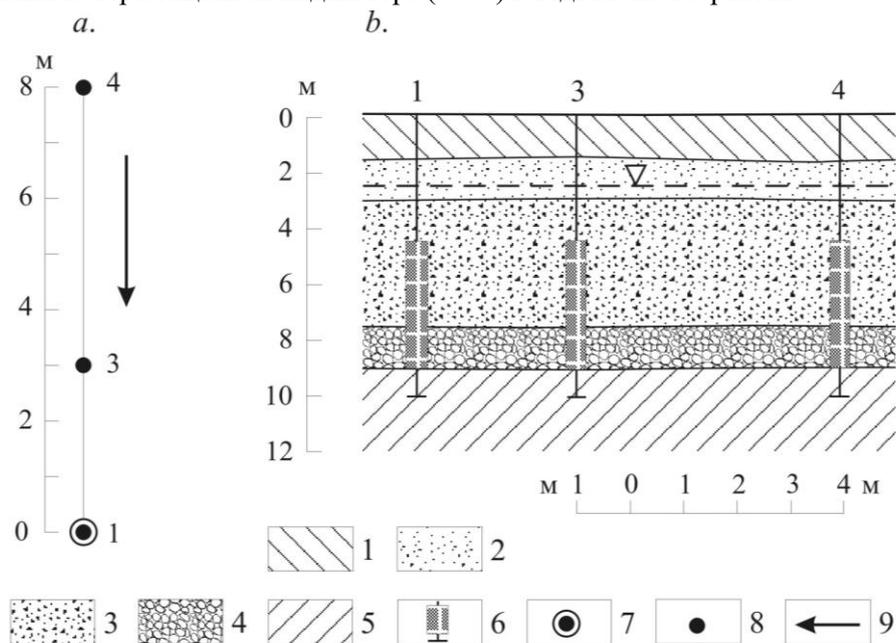
*Рассматриваются методические проблемы оценок фильтрационных и миграционных параметров слоистых водоносных толщ и их распределения по разрезу водоносного пласта на базе комплексирования его опытно-фильтрационного (опытные откачки) и опытно-миграционного (индикаторные опыты) опробования.*

В последнее время многие исследователи обращают внимание на возможность и перспективы комплексирования опытно-фильтрационного (ОФО) и опытно-миграционного опробования (ОМО) водоносных систем для повышения информативности первых с целью изучения проницаемости по разрезу изучаемого пласта [4, 10]. Наиболее часто при этом применяются «пакетные» или «импульсные» запуски трассеров в инъекционные скважины опытных кустов на поздних этапах кустовых откачек [4, 9, 10]. Интерпретация осуществляется из предпосылки послойного переноса индикатора в условиях плановой фильтрации. Требования, предъявляемые к опытным скважинам для организации в них ОМО, приведены в [4, 5, 10] – они по важнейшим показателям совпадают с требованиями к подготовке возмущающей и наблюдательных скважин при проведении ОФО: скважины должны вскрывать пласт на всю мощность и быть оборудованными единой фильтровой колонной.

Рассмотрим возможность и перспективы комплексирования ОФО и ОМО для дифференциации миграционных и фильтрационных параметров по разрезу опробуемого пласта на конкретном примере. Этот тем более важно, что, несмотря на довольно значительное число публикаций по проблемам ОМО водоносных пластов (см., например, [1, 2, 4-14]), миграционные опыты до сих пор остаются достаточно редким событием, и поэтому часто возникают проблемы с их методическим обеспечением в ча-

сти проведения ОМО и обработки его результатов с учетом особенностей принятой методики проведения миграционного опыта.

Целью проведенных опытно-миграционных работ на левобережье р. Илек в Западном Казахстане ставилось определение миграционных параметров аллювиального среднечетвертичного-современного ( $aQ_{II-IV}$ ) водоносного горизонта в долине реки, а также, по возможности, вертикальная дифференциация миграционных и фильтрационных параметров горизонта. Для этого использовался куст скважин 1 (план и разрез куста представлены на рис. 1), по которому проводилась опытная кустовая откачка; на завершающем этапе откачки выполнено ОМО водовмещающих отложений – велись наблюдения за перемещением индикатора ( $NaCl$ ) в водоносном горизонте.



- 1 – супесчаный почвенно-растительный слой; 2 – пески разнозернистые;  
 3 – пески с гравием и галькой; 4 – гравийно-галечниковые отложения;  
 5 – верхнепермские глины; 6 – интервал установки фильтра;  
 7 – возмущающая скважина; 8 – наблюдательная (3) и инъекционная (4) скважины; 9 – направление естественного потока грунтовых вод.

Рис. 1. Схема (а) и разрез (б) опытного куста 1 (долина р. Илек, по данным В.В. Недюжина, Т.Н. Рыхлюк, 2005 г.)

Аллювиальный водоносный горизонт в районе опытного куста 1 безнапорный, представлен песками с включением гравия и гальки, а в нижней части разреза – гравийно-галечниками (см. рис. 1); его общая

мощность на момент опробования составляла 6,7 м. По данным бурения в разрезе водоносного горизонта достаточно отчетливо выделяется верхний, песчаный, слой мощностью на момент опробования  $m_1 = 5,2$  м и нижний, гравийно-галечный, мощностью  $m_2 = 1,5$  м. Средний дебит откачки  $Q$  во время проведения индикаторного опыта оказался равен  $13,7$  м<sup>3</sup>/ч. Значение водопроницаемости всей толщи водовмещающих отложений  $T$ , полученное по результатам откачки, предшествующей индикаторному опыту, около  $53,5$  м<sup>2</sup>/ч (или около  $1280$  м<sup>2</sup>/сут).

Миграционный опыт выполнялся по схеме с одной откачивающей скважиной (опробование при откачке), индикатор запускался в инъекционную скважину, а приход его фиксировался в наблюдательной скважине (см. рис. 1а). Запуск индикаторного раствора ( $0,4$  м<sup>3</sup> исходной пластовой воды с минерализацией  $1,9$  г/дм<sup>3</sup>, в которую был добавлено  $2,4$  кг индикатора  $NaCl$ , обеспечивающего повышение общей минерализации исходного раствора до  $8$  г/дм<sup>3</sup>) был произведен в совершенную инъекционную скважину 4, расположенную в  $8$  м от центральной (см. рис. 1а); весь объем воды с индикатором был равномерно подан на весь интервал установки фильтровой колонны (на глубине от  $4,5$  до  $9$  м от поверхности земли) за  $10$  мин. Иными словами концентрационный режим опыта соответствовал «импульсному» вводу индикатора в инъекционную скважину.

Регистрация прихода индикатора велась путем отбора проб воды из наблюдательной скважины 3, отстоящей в  $3$  м от центральной, штанговым насосом через заданные интервалы времени от начала опыта. Для исключения влияния разбавления индикаторного раствора водой из труб штангового насоса каждый раз перед забором пробы производилась прокачка воды по объему составляющей не менее  $1,5...2$  внутреннего объема труб – около  $6...7$  дм<sup>3</sup>; реально объем пробы составлял не менее  $20...25$  дм<sup>3</sup>, что составляет заметную часть внутреннего объема воды в стволе наблюдательной скважины (около  $40$  дм<sup>3</sup>). Наличие индикатора в пробе оценивалось по изменению кажущегося электрического сопротивления раствора электролита (пластовой воды), которое определялось комбинированным прибором Ц437. При этом кажущееся сопротивление пластовой воды в исходном состоянии составило  $\rho^0 = 720$  Ом, а сопротивление пластовой воды с индикатором в исходной емкости –  $\rho_0 = 113$  Ом.

Полагая, что минерализация воды обратно пропорциональна ее электрическому сопротивлению,

$$C = \frac{\tilde{A}}{\rho}, \quad (1)$$

где  $\tilde{A}$  – некоторая постоянная прибора, можем представить результаты опыта в виде выходной кривой относительной минерализации раствора. На рис. 2 выходная кривая относительной концентрации индикатора  $\bar{C}(r, t)$  представлена следующим образом:

$$\bar{C}(r, t) = \frac{C(r, t) - C^0}{C_0 - C^0}. \quad (2)$$

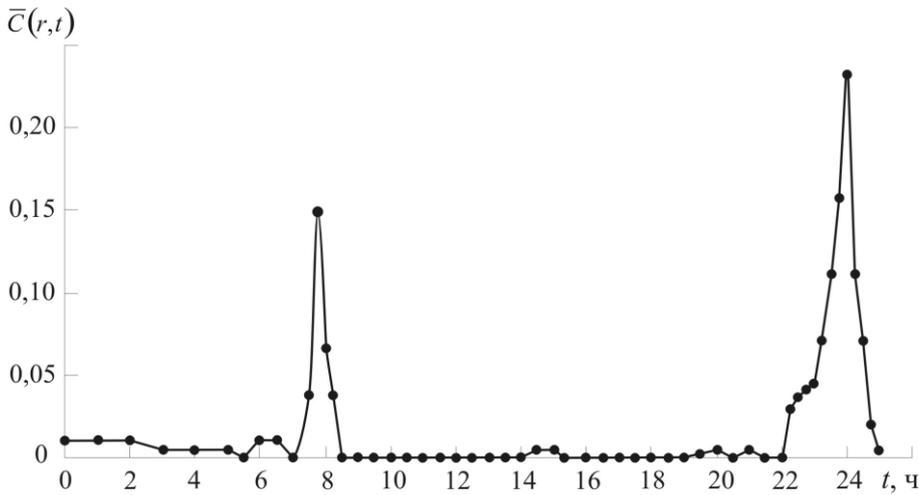


Рис. 2. Выходная кривая относительной концентрации индикатора (NaCl) в наблюдательной скважине 3.

Здесь  $C(r, t)$  – текущая концентрация индикатора;  $C^0$  – концентрация индикатора в подземных водах (ПВ); в нашем случае – минерализация ПВ;  $C_0$  – концентрация индикатора в растворе, подаваемом в инъекционную скважину (в нашем случае – минерализация этого раствора). С учетом (1) в уравнении (2) за величину текущей минерализации раствора  $C(r, t)$  брались текущие обратные значения кажущегося сопротивления раствора с индикатором –  $\frac{\tilde{A}}{\rho(r, t)}$ , за концентрацию индикатора в подземных водах,

$C^0$ , – обратное значение кажущегося сопротивления пластовой воды –  $\frac{\tilde{A}}{\rho^0}$ , а за концентрацию индикатора в растворе, подаваемом в инъекцион-

ную скважину,  $C_0$ , – обратное значения сопротивления пластовой воды с индикатором в исходной емкости –  $\frac{\tilde{A}}{\rho_0}$ .

Как следует из рис. 2, в наблюдательной скважине 3 установлен приход двух максимумов индикатора; первый фиксируется в наблюдательной скважине через 7,75 ч после его запуска в инъекционную скважину; второй – через 24 ч.

Для обработки результатов миграционных опытов – оценки активной пористости и коэффициента продольной гидродинамической дисперсии – в [4, 5] предлагается ориентироваться на осредненное значение скорости фильтрации, заменяя радиальную фильтрационную схему плоскопараллельной. В этом случае можно воспользоваться следующей расчетной зависимостью:

$$C(r,t) = \frac{M}{2 r m d_c \xi \sqrt{\frac{\pi t}{Pe t_0}}} \exp \left[ - \frac{\left( 1 - \frac{t}{t_0} \right)^2}{\frac{4t}{Pe t_0}} \right], \quad (3)$$

$$Pe = \frac{r}{\delta_l}, \quad t_0 \cong \frac{\pi r^2}{q} n,$$

где  $M$  – масса индикатора, поданного в инъекционную скважину;  $r$  – удаление инъекционной скважины от центральной;  $m$  – мощность водоносного горизонта;  $d_c$  – диаметр инъекционной скважины;  $\xi$  – коэффициент искажения потока вблизи скважины (для скважины, совершенной по характеру вскрытия,  $\xi = 2$ );  $t$  – время от начала опыта;  $t_0$  – момент фиксации максимальной концентрации индикатора;  $\delta_l$  – параметр продольной гидродинамической дисперсии, отражающий геометрию порового или трещинного пространства;  $q$  – удельный дебит откачки;  $Pe$  – параметр Пекле.

Формула (3) справедлива при не слишком низких скоростях фильтрации, т.е. когда молекулярной диффузией можно пренебречь по сравнению с гидродинамической дисперсией. Определение активной пористости непосредственно по моменту прихода максимума концентрации индикатора, как следует из третьей формулы в (3), оправдано, если значения параметра  $Pe$  измеряются, как минимум, десятками.

Вместе с тем, в [5, 14] отмечается, что при существенном превышении концентрации индикатора в растворе, запускаемом в инъекционную скважину, над минерализацией ПВ наблюдается значительная плотностная конвекция индикатора. В результате ее может заметно искажаться текущая концентрация индикатора в точке его фиксации по разрезу водоносного пласта (при этом момент прихода максимума концентрации в точку не смещается), а также концентрация индикатора, осредненная по всей мощности водовмещающих отложений, так что достоверно установить величину параметра продольной гидродинамической дисперсии  $\delta_l$  при относительно высокой чувствительности концентрации к изменению параметра  $Pe$  в формуле (3) часто не удается. Кроме того, в процессе индикаторного опыта отбирались довольно значительные по объему пробы воды для анализа в них концентрации индикатора. Соответственно полученные величины этой концентрации уже не отвечали представлению о мгновенном ее значении. По этой причине по результатам выполненного миграционного опыта оценивается только активная пористость; параметра  $\delta_l$  оценивался на иной методической основе.

Как отмечалось ранее, на выходной кривой относительной концентрации индикатора отчетливо выделяются два максимума ( $t_{1,max} = 7,75$  ч и  $t_{2,max} = 24$  ч), существенно сдвинутые один относительно другого (см. рис. 2); следствием этого являются два рассчитанных выше значения активной пористости. По всей вероятности, пики максимальной концентрации индикатора связаны с различной продолжительностью прохождения индикаторной волны по слоям водоносного горизонта с различной проницаемостью: первый максимум (с характеристиками  $\bar{C}_{1,max}$  и  $t_{1,max}$ ) отвечает миграции в нижнем гравийно-галечниковом слое с наибольшей проницаемостью (см. рис. 1b), а второй (с характеристиками  $\bar{C}_{2,max}$  и  $t_{2,max}$ ) – переносу индикатора в верхнем песчаном, менее проницаемом, слое (см. рис. 1b).

Полагая, во-первых, что дисперсионные параметры слоев различаются между собой незначительно и, во-вторых, что при отборе проб воды из наблюдательной скважины штанговым насосом за счет удаления большей части воды из скважины обеспечивалась достаточная представительность этих проб, для условий миграционного опыта по кусту 1 можно записать [4, 5].

$$Q_1 + Q_2 = Q, \quad \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{C_{1,max} - C^0}{C_{2,max} - C^0}, \quad (4)$$

$$t_{1,max} = \frac{\pi m_2 (r_4^2 - r_3^2) n_2}{Q_2}, \quad t_{2,max} = \frac{\pi m_1 (r_4^2 - r_3^2) n_1}{Q_1}, \quad (5)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  – водопритоки в центральную скважину соответственно из верхнего и нижнего слоев;  $m_1$  и  $m_2$  – мощности верхнего и нижнего проницаемых слоев;  $n_1$  и  $n_2$  – активная пористость верхнего и нижнего слоев;  $r_3$  и  $r_4$  – расстояния от центральной до соответственно наблюдательной и инъекционной скважин куста. Остальные обозначения прежние.

Как и прежде, при расчетах по второй формуле в (4) можно напрямую использовать значения кажущегося электрического сопротивления раствора индикатора и ПВ; значения последних равны соответственно  $\rho_{1,max} = 400$  Ом и  $\rho_{2,max} = 320$  Ом. С учетом указанных значений сопротивлений получаем,

что отношение  $\frac{Q_2}{Q_1} \cong 0,640$ . Отсюда находим  $Q_1 = 8,35$  м<sup>3</sup>/ч, а  $Q_2 = 5,35$  м<sup>3</sup>/ч.

Как уже отмечалось, по данным бурения в разрезе водоносного горизонта отчетливо выделяется верхний, песчаный, слой мощностью на момент опробования  $m_1 = 5,2$  м и нижний, гравийно-галечный, мощностью  $m_2 = 1,5$  м. Подставляя все известные параметры опытного куста и характеристики опытной откачки и миграционного опыта, получаем, что  $n_1 = 0,223$  и  $n_2 = 0,160$ .

Вычисленные  $n_1$  и  $n_2$  в целом хорошо отвечают общей пористости и гравитационной емкости  $\mu$  водовмещающих отложений. Обращает на себя внимание относительно низкое значение активной пористости гравийно-галечников в нижнем проницаемом слое. С другой стороны, известно, что с возрастанием крупности частиц рыхлых обломочных пород общая пористость уменьшается, иными словами, экспериментально установленная величина активной пористости не является экстремальной. Отсюда следует вывод о хорошей промытости и отсортированности гравийно-галечников, т.е. об относительно малом количестве в них песчаного заполнителя.

Все произведенные оценки миграционных параметров базируются на предположении, что эффектами молекулярной диффузии при обработке опытных данных можно пренебречь. Это предположение требует экспе-

риментального обоснования. В качестве критерия его применимости выступает параметр  $Pe$ . Как уже отмечалось ранее, предположение о возможности пренебрежения эффектами молекулярной диффузии справедливо, если значение числа Пекле  $Pe$ , установленное из эксперимента, измеряется, как минимум, десятками.

Независимыми исследованиями в районе опытного куста 1 установлен параметр продольной гидродинамической дисперсии, отражающий геометрию порового пространства,  $\delta_1$ . Расчеты числа Пекле, выполненные по второму уравнению в (3), в котором вместо  $r$  подставлено значение  $(r_4 - r_3)$ , показали, что число Пекле для опытов по кусту 1  $Pe > 40$ . Это значение параметра  $Pe$  указывают на обоснованность пренебрежения молекулярной диффузией при интерпретации опытных данных.

Результаты выполненного миграционного опыта являются прекрасным дополнением к данным опытной кустовой откачки и обеспечивают всю необходимую информацию для решения задачи дифференциации разреза водоносного горизонта по фильтрационным параметрам. В соответствии с существующими методическими подходами в процессе обработки результатов ОМО используются те же графики изменения концентрации трассера в откачиваемой воде, т.е. в возмущающей скважине, либо графики изменения концентрации трассера в наблюдательных скважинах (см. рис. 2). Если на таком графике достаточно четко выделяются отдельные пики концентрации, отвечающие времени  $t_{j,max}$  поступления индикатора с водой в возмущающую или наблюдательную скважины по слоям с существенно различающимися коэффициентами действительной скорости фильтрации  $k_j$ , то [4, 5]

$$k_j = \frac{\pi T r^2}{Q t_{j,max}}, \quad T_j = \frac{\pi T r^2 (m_j n_j)}{Q t_{j,max}}, \quad \sum_{j=1}^N T_j = T, \quad (6)$$

где  $n_j$  – динамическая (активная) пористость  $j$ -того слоя;  $m_j$  – мощности  $j$ -того проницаемого слоя;  $N$  – количество слоев, выделенных в разрезе водоносного горизонта. Остальные обозначения прежние.

Для правильной диагностики опытов необходима, как и прежде, информация о временной последовательности привноса трассера в скважину из отдельных слоев, что, как следует из результатов приведенного опыта, реально при малом (2...3) их числе и при достаточно различающихся скоростях движения жидкости по ним. Соответственно точность

приведенных построений существенно повышается в важном для нас частном варианте разреза водоносного пласта, когда пласт содержит слой с резко увеличенной проницаемостью.

Подставив известные величины параметров во вторую формулу в (6), в которой, как и прежде в (5), вместо  $r^2$  берется  $(r_4^2 - r_3^2)$ , а значения  $t_{1,max}$  и  $t_{2,max}$  отвечают моментам прихода индикатора, соответственно, по нижнему и верхнему проницаемым слоям, получаем, что водопроницаемость верхнего проницаемого слоя  $T_1 \cong 32,6 \text{ м}^2/\text{ч}$ , а нижнего  $T_2 \cong 20,9 \text{ м}^2/\text{ч}$ . Соответственно коэффициенты фильтрации верхнего,  $K_1$ , и нижнего,  $K_2$ , проницаемых слоев составляют:  $K_1 \cong 6,3 \text{ м/ч}$ ;  $K_2 \cong 13,9 \text{ м/ч}$ . Таким образом, результаты миграционного опыта обеспечивают дифференциацию также и фильтрационных параметров водовмещающих отложений по разрезу.

В представленном виде методика проведения и интерпретации опытов с трассерами по своим результатам не вполне отчетливо стыкуется с результатами обработки данных прослеживания уровня при откачках, т.е. при ОФО водоносного пласта. Так, дифференциация коэффициентов фильтрации по вертикали требует определения независимыми методами величин  $n_j$ , т.е. дифференциации значений активной пористости по разрезу водоносного пласта, что при проведении ОМО на практике далеко не всегда возможно и тем существенно снижает ценность опытов с трассерами.

Целесообразно поэтому дополнить обработку результатов ОМО методикой, рассмотренной в работе В.Г. Самойленко [10]. Она отличается тем, что с графиков изменения концентрации индикатора помимо величин  $t_{j,max}$  снимаются значения  $\Delta C_j = C_{j,max} - \sigma C_{j-1} - C^0$  ( $C_{j,max}$  – пик концентрации,  $C^0$  – фоновая, а  $\sigma C_{j-1}$  – остаточная концентрации трассера в зонах рассеяния предшествующих пиков).

Используя предпосылку, например, для двухслойного пласта  $\frac{K_1}{K_2} = \frac{\Delta C_2}{\Delta C_1}$ , нетрудно найти, что

$$K_1 = \frac{T - K_2 m_2}{m_1}, \quad K_2 = \frac{T \Delta C_1}{m_1 \Delta C_2 + m_2 \Delta C_1}.$$

Таким образом, эта методика в целом полнее отвечает данным ОМО, полнее использует полученные в результате такого опробования опытные данные.

Анализ решений задачи о фильтрации в трехслойной толще, полученные в работе [3], показывает нецелесообразность оценки параметров слоев на базе только ее ОФО. Обязательным в этом случае становится применение расходомерии (или термометрии) скважин при откачках или наливах. Предпочтительным также становится использование результатов ОМО.

Вместе с тем, приходится признать, что методика ОМО применительно к индикаторным опытам, аналогичным описанному, еще очень далека от своего завершения. Так, в частности, существенное значение для проведения и интерпретации результатов ОМО имеет выбор индикатора. В соответствии с современными представлениями полевые эксперименты проводятся последовательно с инертным веществом и собственно загрязнителями. Первым необходимым требованием для выбора индикатора является его невысокая стоимость. В этом плане к наиболее доступным относятся легкорастворимые соли электролитов, такие как  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $NH_4Cl$ , а также красящие вещества (например, флуоресцеин, метиленовая синька и др.). При использовании перечисленных электролитов производится регистрация в растворе иона хлора (инертного к большинству типов горных пород) аргентометрическим методом [4, 5]. Точность такого химического анализа на хлор-ион в полевых условиях составляет 5...7 %.

Регистрация электролитов целесообразна также резистивиметрией; концентрация индикатора отчетливо проявляется в кажущемся электрическом сопротивлении раствора. При этом резистивиметры могут располагаться непосредственно в наблюдательных или возмущающей скважинах на заданной глубине, а измерение концентрации индикатора может осуществляться непрерывно. Это позволяет существенно снизить трудоемкость проведения индикаторных опытов.

Однако основная проблема не в методах регистрации индикаторов (химических или физических), а в соответствии полученных абсолютных значений концентраций индикатора принятой модели миграции. Неопределенность такого соответствия резко возрастает при опробовании слоистой толщи, когда становится необходимым установить величины концентраций индикатора, осредненные по нескольким проницаемым слоям. Особенно зримо эта неопределенность проявляется в наблюдательных скважинах.

Так, неясной становится степень разбавления в стволе наблюдательной скважины индикатора, поступившего в нее по одному из проницаемых слоев, водой из другого слоя, и соответствие экспериментально установленной концентрации индикатора модельному значению концен-

трации. Это модельное значение должно характеризовать осредненную на всю мощность водовмещающих отложений, с учетом существующего поступления ПВ в скважину по всем проницаемым слоям, концентрацию индикатора (в вертикальном сечении водоносного пласта, пространственно совпадающем с вертикальным сечением наблюдательной скважины, ориентированным перпендикулярно направлению потока ПВ). В то же время пробы воды отбираются (или резистивиметр устанавливается в стволе наблюдательной скважины) чаще всего на уровне одного и того же горизонтального сечения ствола скважины, характеризующего в этом случае только один проницаемый слой.

Эта задача как будто бы упрощается при регистрации индикатора в возмущающей скважине; при откачке осреднение его концентрации выполняется автоматически в водоподъемной трубе (в которой устанавливается резистивиметр), и полученное значение концентрации индикатора точно отвечает модельному, учитывающему интенсивности потоков ПВ по всем проницаемым слоям в разрезе водоносного пласта. С другой стороны, индикаторные опыты при откачках проводятся чаще всего по схеме с «импульсным» (реже по схеме с «пакетным») вводом индикатора в инъекционную скважину. Такая экспериментальная схема, как известно [4, 5], обладает рядом недостатков, основным из которых является сильное разбавление индикатора в откачиваемой воде и весьма малое время его регистрации; в частности, коэффициент разбавления имеет порядок  $\frac{\pi r}{d_C}$  (здесь,

как и прежде,  $r$  – расстояние от возмущающей до инъекционной скважины;  $d_C$  – диаметр инъекционной скважины), а продолжительность фикса-

ции индикатора в возмущающей скважине –  $\frac{4\pi n d_{Ц} \sqrt{\delta_1 r}}{q} + t_H$  (где  $d_{Ц}$  –

диаметр возмущающей скважины;  $t_H$  – продолжительность поддержания заданной концентрации индикатора в инъекционной скважине; остальные обозначения прежние).

В этом случае, безусловно, большое преимущество дает применение радиоактивных индикаторов [4, 5]:

- гарантируется надежная регистрация метки даже в условиях весьма сильного разбавления (например, в воде откачивающей скважины), и поэтому отпадает необходимость приготовления концентрированных растворов;

- существует достаточно широкий выбор разнообразных изотопов, в том числе весьма инертных;
- представляется возможность использовать высокочувствительные методы контроля радиоактивной метки в стволе скважины (в любом его горизонтальном сечении и непрерывно), не прибегая к отбору проб.

Применение радиоактивных индикаторов, вместе с тем, часто связано со значительными трудностями организационного характера, обусловленными особыми требованиями к транспортировке и хранению изотопов, ограниченным допуском специалистов к работе с изотопами. Это, наряду с отрицательной реакцией органов санитарной инспекции, делает пока радиоиндикаторные методы малодоступными для широкого круга гидрогеологов.

Подобно методам регистрации радиоактивных индикаторов в возмущающих скважинах, с помощью резистивиметра можно осуществлять, как уже отмечалось, непрерывную запись кажущегося электрического сопротивления раствора в ПВ индикатора-электролита (в том числе и значительно разбавленного).

Использование для фиксации прихода такого индикатора наблюдательной скважины требует либо отбора пробы воды, по объему соответствующей объему воды в стволе скважины (в такой пробе концентрация индикатора осредняется автоматически), либо установки в скважине нескольких резистивиметров (стольких, сколько выделено в разрезе водоносного пласта проницаемых слоев). Эти резистивиметры целесообразно размещать в стволе скважины в местах, примерно отвечающих середине каждого проницаемого слоя. Непрерывная запись концентраций индикатора в проницаемых слоях обеспечивает достаточно простую процедуру осреднения концентрации по мощности пласта:

$$C(r, t) = \frac{\sum_{j=1}^N c_j(t) m_j}{\sum_{j=1}^N m_j},$$

где  $c_j(t)$  – измеренное мгновенное значение концентрации индикатора в пределах  $j$ -того слоя. Остальные обозначения прежние.

Аналогия между процессами массо- и теплопереноса позволяет применять для оценки миграционных параметров также тепловые индикаторы. Последние по сравнению с солевыми имеют ряд преимуществ: исключаются из рассмотрения сорбционные эффекты, появляется возможность непрерыв-

ной регистрации выходных данных по термодатчикам, отпадает необходимость приготовления больших объемов солевых растворов. Тем не менее, эффективность теплоиндикаторных методов, нацеленных на получение параметров массопереноса, нуждается в дополнительном анализе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.С., Ананьева Е.А. Опыт накопления пресных вод в водоносных пластах с солеными водами // Обзор. ВИЭМС. Гидрогеология и инженерная геология. – М.: ВИЭМС, 1975. – 41 с.
2. Алексеев В.С., Коммунар Г.М., Шержуков Б.С. Массоперенос в водонасыщенных горных породах // Итоги науки и техники. Сер. Гидрогеология. Инженерная геология. – М.: ВИНТИ, 1989. – Т. 11. – 143 с.
3. Веригин Н.Н., Дзекцер Е.С. Неустановившаяся фильтрация вблизи каналов и дрен в многослойных грунтах // Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. – 1967. – № 1. – С. 170-174.
4. Мироненко В.А., Румынин В.Г. Опыт-миграционные работы в водоносных пластах. – М.: Недра, 1986. – 240 с.
5. Мироненко В.А., Румынин В.Г., Учаев В.К. Охрана подземных вод в горнодобывающих районах (опыт гидрогеологических исследований). – Л.: Недра, 1980. – 320 с.
6. Опыт-фильтрационные работы / Под ред. В.М. Шестакова и Д.М. Башкатова. – М.: Недра, 1974. – 203 с.
7. Решение задач охраны подземных вод на численных моделях / Г.Н. Гензель, Н.Ф. Карачевцев, П.К. Коносавский и др. – М.: Недра, 1992. – 240 с.
8. Рощаль А.А. Методы определения миграционных параметров // Обзор. ВИЭМС. Гидрогеология и инженерная геология. – М.: ВИЭМС, 1980. – 65 с.
9. Рощаль А.А. Полевые методы определения миграционных параметров // Обзор. ВИЭМС. Гидрогеология и инженерная геология. – М.: ВИЭМС, 1981. – 63 с.
10. Самойленко В.Г. Гидрохимическая дифференциация вертикальной неоднородности водопроницаемости водоносных горизонтов // Управление ресурсами подземных вод. – Ташкент: САИГИМС, 1985. – С. 3-16.
11. Самсонов Б.Г., Рубейкин В.З., Самсонова Л.М. Методы изучения ореолов рассеяния вещества в подземных водах // Обзор. ВИЭМС. Гидрогеология и инженерная геология. – М.: ВИЭМС, 1978. – 57 с.
12. Самсонов Б.Г., Самсонова Л.М. Миграция вещества и решение гидрогеологических задач. – М.: Недра, 1987. – 118 с.

13. Фрид Ж. Загрязнение подземных вод. Теория, методика, моделирование и практические приемы. – М.: Недра, 1981. – 304 с.
14. Palmer C.D., Nadon R.L. A radial injection tracer experiment in a confined aquifer, Scarborough, Ontario, Canada // Ground Water. – 1986. – Vol. 24. – № 3. – P. 322-331.

Институт гидрогеологии и гидрофизики  
им. У.М. Ахмедсафина

КОМПЛЕКСТИ Т... ЖІРБИЕЛІ-ФИЛЬТРЛІК Ж...НЕ Т...ЖІРБИЕЛІ-  
МИГРАЦИЯЛЫС СЫНАСТАН ҰТКІЗУЛЕРІНІҰ Н... ТИЖЕЛЕРІ  
БОЙЫНША САТПАРЛЫ САЛЫҰДЫСТЫҰ ПАРАМЕТРЛЕРІН БАҚАЛАУ

Геол.-мин. Ұлымд. канд.	М.М. Бураков
Геол.-мин. Ұлымд. канд.	Д.А. Сасымбеков
	В.В. Недюжин
	А.Б. Набока

*Саппарлы су титјыш јалыҰдыҰныҰ филътрлік ж.,не миграциялыј параметрлерін бајалаудыҰ „дiстемелiк м.,селелерi ж.,не оны т.,жiрбиелi-филътрлiк (т.,жiрбиелi шайјау) ж.,не т.,жiрбиелi-миграциялыј (индикаторлы т.,жiрбиелер) сынајтан Ұткiзулердi жинајтау негiзiнде, су титјыш јабатын кескiндеу бойынша олардыҰ таралуы јарастырылады.*

УДК 556.33.4.04

**ОБ ОЦЕНКАХ ДОСТОВЕРНОСТИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ И ЕМКОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ДАННЫМ ПРОСЛЕЖИВАНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Канд. геол.-минер. наук М.М. Бураков

*Рассматриваются методические проблемы оценок случайных погрешностей фильтрационных и емкостных параметров водовмещающих отложений, определенных по результатам прослеживания восстановления уровня после остановки опытных кустовых откачек.*

В полном соответствии с теорией ошибок при измерениях и вычислениях в процессе проведения и интерпретации результатов опытных откачек из скважин (мы здесь рассматриваем только эту разновидность опытно-фильтрационного опробования водовмещающих отложений) возникает вероятность искажения устанавливаемых фильтрационных и емкостных параметров (водопродимости  $T$ , пьезо- или уровнепроводности  $a$  и упругой или гравитационной емкости  $\mu$ )<sup>1</sup>, т.е. внесения систематических и случайных погрешностей.

Необходимо отметить, что в практике гидрогеологических исследований и изысканий используемый инструментарий довольно ограничен. Считается, что фильтрационные и емкостные параметры водовмещающих отложений наиболее надежно определяются по данным опытных кустовых откачек из скважин (или выпусков для самоизливающихся скважин<sup>2</sup>), нагнетаний и наливов в скважины. Существует целый набор альтернативных методов (обеспеченных своим инструментарием) оценок параметров ненасыщенных отложений зоны аэрации грунтовых потоков подземных вод (ПВ), водовмещающих отложений безнапорных пластов. Тем не менее, предпочтение всегда отдается результатам определения фильтрационных и емкостных параметров с помощью опытных кустовых откачек и наливов, а для глубоких водоносных пластов, содержащих напорные воды, альтернативные опытным кустовым откачкам и наливкам методы вовсе не существуют.

<sup>1</sup> В настоящей работе нами используется терминология, предложенная В.М. Шестаковым [20].

<sup>2</sup> В дальнейшем мы будем употреблять только термин "откачка", которым будем обозначать и выпуск.

Далеко не последнюю роль в таком предпочтении играет масштаб проведения опыта (в смысле охваченного опытным опробованием объема водовмещающих отложений). Так, применительно к миграционным параметрам водовмещающих отложений в [1] отмечается, что несоответствие численных значений параметров дисперсии, полученных в лабораторных и полевых условиях, достигает 2...3 порядков (при занижении значений по данным лабораторных исследований). Причиной несоответствия называется гетерогенность пород в естественном залегании. В работе Ж. Фрида [18] назначены четыре характерных масштаба опытных работ, в соответствии которым ставятся методы индикаторного опробования.

Применительно к оценке фильтрационных и емкостных параметров водовмещающих отложений такая типизация масштабов отсутствует. Однако именно масштабность опыта является главным фактором, определяющим предпочтение, которое отдается опытным кустовым откачкам. При этом полагается также, что вследствие исключения влияния случайных колебаний дебита на этапе восстановления уровня после прекращения откачки фильтрационные и емкостные параметры водовмещающих отложений, рассчитанные по опытным данным этого этапа, характеризуются большей достоверностью (т.е. меньшими погрешностями).

Как уже подчеркивалось ранее [5, 13], выявление и исключение систематических погрешностей является неотъемлемой частью инженерных расчетов. Основной способ исключения таких погрешностей – внесение поправок со знаком в результаты измерений и вычислений. Оценкам их и методам их учета посвящена подавляющая часть публикаций по гидродинамике, в этих публикациях все отмеченные виды погрешностей исследованы достаточно подробно, так что в принципе существует возможность определения фильтрационных и емкостных параметров по данным опытных откачек, неучтенные систематические погрешности которых не превышали бы первых процентов.

Иная ситуация сложилась с оценками случайных погрешностей фильтрационных и емкостных параметров. Последние обусловлены совокупным проявлением множества факторов, причем характер проявления каждого из этих факторов в точности не воспроизводится при повторном (и последующих) опробовании водоносных пластов. Эти погрешности, в отличие от систематических, не могут быть исключены из результатов измерений и расчетов, поэтому выявление их и оценки их величин исключительно важны, ибо, в конечном счете, именно ими (при имеющейся возможности исключения

систематических погрешностей) определяются достоверность и надежность устанавливаемых фильтрационных и емкостных параметров. Суммарные случайные погрешности поглощают также неучтенные систематические погрешности, заведомо превышая их по абсолютной величине, и поэтому анализ случайных погрешностей обеспечивает повышение эффективности опробования водоносных пластов, снимая необходимость усложнения (и удорожания) опытных работ и методик обработки опытных данных для учета всех возможных систематических погрешностей.

Вместе с тем, вопросы оценок точности первичных измерений и параметров проводящей среды исследованы довольно мало. Можно назвать несколько работ (см., например, [7, 14]), которыми в основном и исчерпывался список публикаций, где сообщались результаты оценок случайных, главным образом инструментальных, погрешностей важнейших фильтрационных параметров – водопроницаемости, пьезо- или уровнепроницаемости и емкости водоносных пластов. В упомянутых публикациях точность первичных измерений и вероятные погрешности параметров анализировались применительно к методическим рекомендациям интерпретации результатов откачек из [2]. Основным недостатком последних является использование единичных замеров понижения уровня ПВ в возмущающей и наблюдательных скважинах, что практически всегда приводит, как уже отмечалось выше, к существенным систематическим методическим погрешностям устанавливаемых характеристик, выявить и устранить которые не представляется возможным; оценки случайных погрешностей параметров в таких случаях теряют смысл. Поэтому в качестве стандартных методов, применяемых для интерпретации результатов опытного опробования водовмещающих отложений рекомендованы графоаналитический и эталонных кривых, в большой степени лишенных указанного недостатка.

В работе [7] сформирован подход к анализу нормативных инструментальных случайных погрешностей, обеспечивающих заданную точность фильтрационных и емкостных параметров водовмещающих отложений. Однако при этом такие нормативные погрешности подбирались из того условия, что их сумма равна (или меньше) суммарных, итоговых случайных погрешностей параметров. Иными словами, и в этой работе на самом деле оценивались главным образом случайные инструментальные погрешности водопроницаемости, пьезо- или уровнепроницаемости, упругой или гравитационной емкости водоносных пластов.

В последние годы появилась целая серия публикаций (см., например, [5, 6]), в которых детально исследуется проблема оценок итоговых случайных погрешностей (и их составляющих) гидрогеологических параметров. Главным результатом этих работ может быть назван тот, что в них сформулирован методический подход к подобного рода оценкам. Показано, что вычисления случайных погрешностей должны выполняться применительно к каждой конкретной схеме фильтрации ПВ, каждому конкретному опыту.

Рассмотрим методику оценок случайных погрешностей фильтрационных и емкостных параметров. Положим, что для обработки результатов опробования, выполняемого в условиях нестационарной фильтрации в однородной и изотропной среде при линейном законе течения ПВ, применяется графоаналитический метод Джейкоба [4, 12]. Основное достоинство этого метода (определяющее его преимущество перед всеми другими) в том, что он обеспечивает выбор и преобразование системы координат, в которых обрабатываются опытные данные, таким образом, чтобы *вся* совокупность опытных данных использовалась для их интерпретации и давала бы по возможности *прямую линию* [19].

Будем считать также – влияние границ пласта в плане исключено постановкой опытных работ. Решение исходного дифференциального уравнения фильтрации для этапа восстановления уровня после завершения откачки, производившейся с постоянным дебитом, применительно к способу временного прослеживания уровня аппроксимируется уравнением [4, 12]

$$S = C \lg \frac{T+t}{t} \quad (1)$$

(здесь  $T$  – продолжительность откачки), при этом время  $t$  отсчитывается от момента остановки откачки.

Формулы для расчета параметров водовмещающих отложений, отвечающие аппроксимации (1), приобретут следующий вид [4]:

$$T = \frac{0,183 \bar{Q}}{C}, \quad C = \frac{S_2 - S_1}{\lg \frac{t_2}{T+t_2} - \lg \frac{t_1}{T+t_1}}, \quad (2)$$

$$a = 0,445 \frac{r^2}{T} 10^B, \quad B = \frac{S_{max}}{C}.$$

где  $S_1$  и  $S_2$  – повышение уровня в наблюдательной скважине относительно динамического на конец откачки соответственно в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$  от начала этапа восстановления уровня;  $S_{max}$  – максимальное пони-

жение уровня в процессе откачки;  $r$  – расстояние между возмущающей и наблюдательной скважинами;  $\bar{Q}$  – среднее значение дебита на протяжении откачки. В дальнейшем учтем, что величины  $S_1$  и  $S_2$  снимаются с асимптотического прямолинейного участка графика прослеживания, при этом расчетные значения сложного времени  $\frac{t_1}{T+t_1}$  и  $\frac{t_2}{T+t_2}$  подбираются

$$\text{таким образом, чтобы } \frac{\lg \frac{t_2}{T+t_2}}{\lg \frac{t_1}{T+t_1}} = 1.$$

В уравнениях (1) и (2) сложное время  $\frac{T+t}{t}$  или обратное ему  $\frac{t}{T+t}$ , вводимое для удобства обработки опытных данных, используется для учета так называемого «наследства» откачки. В работах [4, 12] показаны условия, когда наследством откачки можно пренебречь; в этих случаях обработки результатов прослеживания восстановления уровня ПВ в наблюдательных и возмущающих скважинах выполняется по тем же зависимостям, что и данные прослеживания его снижения. Тогда оценки случайных погрешностей фильтрационных и емкостных параметров водовмещающих отложений полностью выполняются по методике, предложенной в [5]. Мы в дальнейшем, однако, будем строить такие оценки применительно к уравнениям (1) и (2).

Введем ряд упрощающих предпосылок. Считаем, что первичные измерения не имеют систематических погрешностей (в частности, отсутствуют погрешности фильтрационной схематизации, а продолжительность опыта удовлетворяет контрольному времени наступления квазистационарного режима фильтрации и обеспечивает практически полное исключение влияния на измеряемые величины емкости возмущающей и наблюдательных скважин и эффекта Болтона [4, 5, 12]), и опыты выполнены качественно (опытные точки полулогарифмического графика однозначно ложатся на расчетную асимптоту). Отметим также, что в зависимостях (1) и (2) результатами первичных измерений являются значения  $Q$ ,  $S$ ,  $t$  и  $r$ .

Исследуем сначала только инструментальные погрешности фильтрационных и емкостных параметров.

Используем для оценок достоверности результатов опытно-фильтрационного опробования водоносных пластов общую формулу; напомним, что если задана дифференцируемая функция

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

и если известны  $\sigma_{x_i}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) – средние квадратичные отклонения

аргументов  $x_i$ , то среднее квадратичное отклонение этой функции равно [11, 13, 14, 16]

$$\sigma_y \cong \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial y}{\partial x_i} \sigma_{x_i} \right)^2}. \quad (3)$$

Погрешности измерений в большинстве геолого-географических исследований оцениваются как предельные [8, 14], точно также и в документах на измерительные приборы, используемые в гидрогеологической практике, указываются предельно допустимые случайные погрешности. Последние определяются наихудшими условиями, сложившимися при измерениях какой-либо характеристики возмущения: все составляющие погрешностей оказываются максимальными по абсолютной величине и все они одного знака. Вероятность их фиксирована и весьма мала, а между тем часто возникает необходимость оценок погрешностей со значительно большими вероятностями, так как реальные погрешности измерений и расчетов заметно меньше предельных. Поэтому в руководствах по метрологии (как, например, в [11]) и рекомендуется выполнять их вычисления на основе выражения (3), имеющего ясно выраженный вероятностный характер. При этом для нормально распределенной величины все рассеяние с точностью до долей процента укладывается в пределах  $3\sigma$  (это так называемое «правило трех сигм» [15]). Как следует отсюда, на основе (3) можно выяснить и предельно допустимые погрешности параметров, однако для практических расчетов обычно ограничиваются доверительной вероятностью 0,954, тогда погрешности  $\sigma_{x_i}$  удваиваются [11, 14, 15, 16]. В дальнейшем мы будем считать, что предельные допустимые погрешности измерительных приборов (и соответственно первичных измерений) отвечают доверительной вероятности 0,997 и составляют  $3\sigma_{x_i}$  [15]. Случайные погрешности фильтрационных параметров оцениваются ниже с вероятностью 0,954.

Преобразование выражений в (2) в соответствии с (3) дает

$$\sigma_T \cong \sqrt{\left[ \frac{0,183 \bar{Q}}{S_2 - S_1} \lg \frac{t_2}{T+t_2} \right]^2 + \left[ \frac{0,183 \bar{Q}}{(S_2 - S_1)^2} \lg \frac{t_2}{T+t_2} \right]^2} \left( \sigma_{S_1}^2 + \sigma_{S_2}^2 \right), \quad (4)$$

$$\sigma_a \cong \sqrt{\left( 0,890 \frac{r}{T} 10^B \sigma_r \right)^2 + \left( 1,036 \frac{r^2}{T} 10^B \sigma_B \right)^2}. \quad (5)$$

Здесь среднее квадратичное отклонение  $\sigma_B$

$$\sigma_B \cong \sqrt{\left( \frac{\sigma_{S_{max}}}{C} \right)^2 + \left( \frac{S_{max} \sigma_C}{C^2} \right)^2}. \quad (6)$$

В исходных уравнениях (2) дебит  $Q$  на протяжении откачки полагается постоянным. Однако на практике вследствие проявления целого ряда факторов, в том числе и вследствие реализации погрешностей измерений, он колеблется около некоторой средней величины. В работах [7, 14] приводятся сведения об инструментальных погрешностях измерений дебита откачек применяемыми в гидрогеологической практике способами (водосливами, различными водомерами, объемным). В частности, приспособления для установления расхода объемным способом обеспечивают измерения с предельными относительными погрешностями в 1...6 %.

Ошибки в отсчете времени не превышают, по-видимому, нескольких секунд (в крайнем случае, первых десятков секунд), поэтому при обработке опытных данных слагаемыми в (4) и (5), содержащими  $\sigma_t$  и  $\sigma_T$ , можно пренебречь [5, 14].

Погрешности в определении глубины до уровня ПВ в наблюдательных скважинах зависят от применяемых измерительных приборов (о приборах см. подробнее [7, 14]). Кроме того, определенный вклад (тем более существенный, чем меньше глубина до уровня ПВ) в них вносит округление измеренных величин (причем вклад этот один и тот же на все уровни доверительной вероятности погрешностей). Например, для гидрогеологической рулетки Р-50 (подобные рулетки, да еще электроуровнемеры, к примеру, типа ЭВ-1М, остаются и в настоящее время основными измерительными инструментами в гидрогеологической практике) предель-

ная относительная погрешность по паспорту около 0,2 %, а отсчет глубины осуществляется с точностью до 0,5 см.

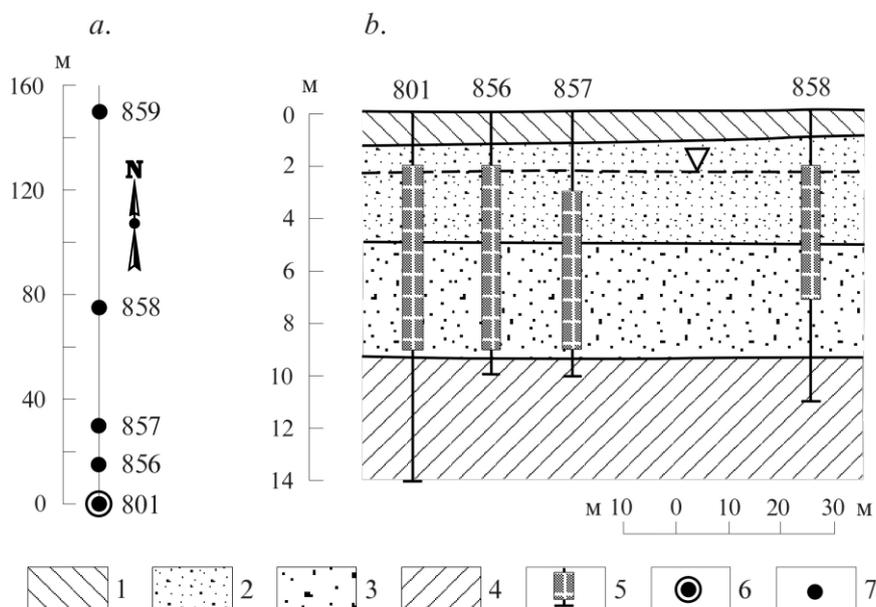
На протяжении опыта глубина до уровня ПВ измеряется, как правило, от оголовка скважины. При этом значение повышения уровня отсчитывается от динамического уровня на момент остановки откачки, соответственно погрешность измеренного значения повышения уровня составляет

$$\sigma_S \cong \sqrt{\sigma_{z_{max}}^2 + \sigma_{z_i}^2}, \quad (7)$$

где  $\sigma_{z_{max}}$  и  $\sigma_{z_i}$  – средние квадратичные отклонения измеренных глубин до динамического уровня ПВ в наблюдательных скважинах соответственно на конец откачки и на любой момент восстановления.

Как уже отмечалось в [5], в расчетах фильтрационных параметров за  $r$  обычно принимается расстояние между скважинами (точнее, расстояния между вертикальными осями возмущающей и наблюдательных скважин). При этом для применяемых в гидрогеологической практике мерных лент и светодальномеров погрешности измерений допускаются в 0,1 % [10, 14], а результаты представляются, как правило, с точностью до 1 см. На самом деле за  $r$  должно считаться расстояние между осями фильтров скважин, поэтому необходимо вносить поправку на отклонение осей фильтров от вертикали; для глубоких скважин указанная поправка может достигать значительной величины. Кроме того, нужно учесть случайную погрешность измерений такого отклонения.

Проиллюстрируем методику оценки инструментальных погрешностей фильтрационных параметров водоносного пласта на примере прослеживания восстановления уровня после опытной откачки кустом 801 на месторождении ПВ в долине р. Жаксысарысу в Центральном Казахстане. На рис. 1 показан план и гидрогеологический разрез опытного куста скважин, а на рис. 2 приведены индикаторные кривые временного прослеживания восстановления уровня грунтовых вод в наблюдательных скважинах. Вычислим погрешности параметров, полученных по результатам прослеживания уровня в трех ближайших к возмущающей наблюдательных скважинах; установленные по ним фильтрационные и емкостные параметры (при полной продолжительности откачки  $T = 189$  ч [5]) сведены в табл. 1.



1 – суглинистый почвенно-растительный слой; 2 – пески разномерные;  
 3 – песчано-гравийно-галечниковые отложения; 4 – неогеновые глины;  
 5 – интервал установки фильтра; 6 – возмущающая скважина;  
 7 – наблюдательная скважина.

Рис. 1. Схема (а) и разрез (б) опытного куста 801 (месторождение подземных вод Жаксысарысу, по данным С.С. Сутбаева, В.И. Дзюмана и В.В. Прохожан, 1972 г.)

Таблица 1  
 Характеристики возмущения и фильтрационные параметры водоносного пласта по наблюдательным скважинам куста 801 ( $\bar{Q} = 94,97 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), установленные на основе регрессионного анализа<sup>3</sup>

№№ скв.	$r$ , м	$C$ , м	$S_{\max}$ , м	$B$	$T$ , м <sup>2</sup> /ч	$a$ , м <sup>2</sup> /ч	$\mu$
856	15	0,5753	1,57	2,7290	30,209	283,8447	0,106
857	30	0,5219	1,065	2,0406	33,303	232,6702	0,143
858	75	0,4961	0,62	1,2497	35,035	235,3535	0,149

Используя следующие характеристики возмущения по наблюдательной скважине 856: глубина до динамического уровня грунтовых вод на момент остановки откачки  $z_{\max} = 3,770$  м; расчетные значения повышения уровня, установленные по уравнению регрессии на моменты вре-

<sup>3</sup> В таблице и далее в тексте вычисленные значения параметров представлены с точностью до 3-4 знака после запятой. Это сделано с целью исключения внесения погрешностей округления промежуточных величин в результаты расчетов.

мени, отвечающие значениям  $\frac{t_1}{T+t_1} = 0,01$  и  $\frac{t_2}{T+t_2} = 0,1$ , равны соответственно  $S_1 = 0,5678$  и  $S_2 = 1,1430$  м, так что значения  $z$ , отвечающие им, составляют 3,2022 и 2,6270 м, – из (7) получаем  $2\sigma_{S_1} \cong 0,0137$  и  $2\sigma_{S_2} \cong 0,0131$  м. Аналогично для скважины 857  $S_1 = 0,1459$  и  $S_2 = 0,6676$  м, значения  $z$  соответственно 3,1191 и 2,5974 м при  $z_{\max} = 3,265$  м, откуда  $2\sigma_{S_1} \cong 0,0132$  и  $2\sigma_{S_2} \cong 0,0127$  м. Точно так же для скважины 858  $S_1 = -0,2336$  и  $S_2 = 0,2624$  м,  $z_1 = 3,0536$  и  $z_2 = 2,5576$  м при  $z_{\max} = 2,820$  м. С учетом указанных характеристик асимптоты индикаторной кривой прослеживания восстановления уровня в этой скважине имеем  $2\sigma_{S_1} \cong 0,0127$  и  $2\sigma_{S_2} \cong 0,0122$  м.

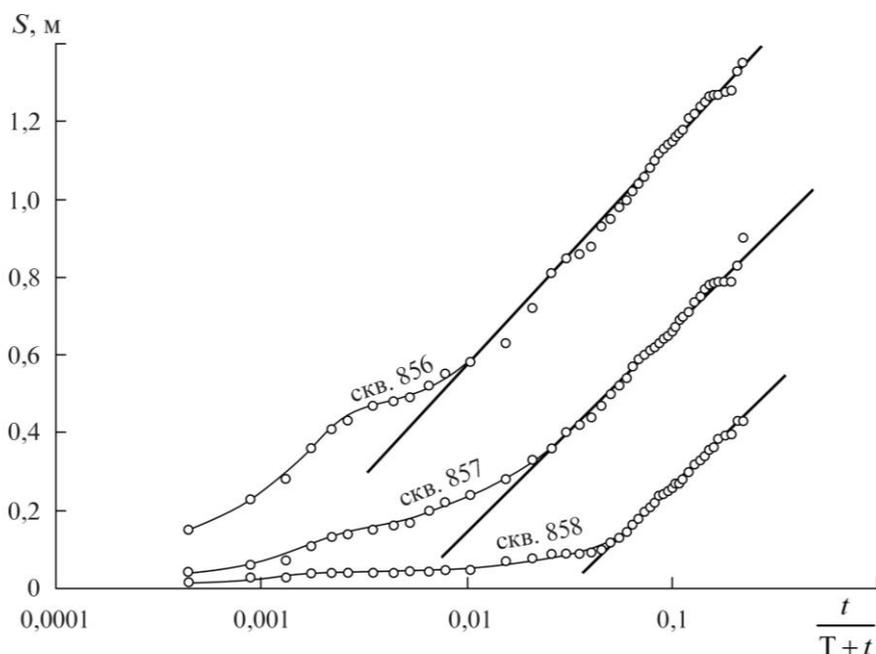


Рис. 2. Индикаторные кривые восстановления уровня в наблюдательных скважинах куста 801 (по данным С.С. Сутбаева, В.И. Дзюмана и В.В. Прохожан, 1972 г.).

Замеры дебита откачки на протяжении возмущения выполнялись объемным способом с предельной относительной погрешностью в 2 % к  $\bar{Q}$ , откуда, как и в [5], имеем  $2\sigma_{\bar{Q}} \cong 1,266$  м<sup>3</sup>/ч.

Подстановка вычисленных таким образом значений  $2\sigma_S$  и  $2\sigma_Q$  в уравнение (4) дает  $(2\sigma_T)_{856} \cong 1,074$ ,  $(2\sigma_T)_{857} \cong 1,251$  и  $(2\sigma_T)_{858} \cong 1,329$  м<sup>2</sup>/ч, так что относительные погрешности  $2\delta_T$ , определяемые как отношение  $\frac{2\sigma_T}{T}$ , равны  $(2\delta_T)_{856} \cong 3,56$ ,  $(2\delta_T)_{857} \cong 3,76$  и  $(2\delta_T)_{858} \cong 3,79$  %.

Для оценки  $2\sigma_a$  необходимо определить еще  $2\sigma_r$  и  $2\sigma_B$ . Первая из них, с учетом указанных выше предельных погрешностей измерительных приборов и погрешностей округления результатов измерений, равна:  $(2\sigma_r)_{856} \cong 0,020$  м,  $(2\sigma_r)_{857} \cong 0,030$  м;  $(2\sigma_r)_{858} \cong 0,060$  м. Полагаем при этом, что оси фильтров возмущающей и наблюдательных скважин в силу малой глубины последних вертикальны. Соответственно за расстояния между ними берутся измеренные расстояния между осями оголовков скважин.

Оценки среднего квадратичного отклонения параметра  $B$  выполняются на основе уравнения (6). Входящие в это уравнение значения средних квадратичных погрешностей измеренных максимальных понижений уровня в наблюдательных скважинах  $S_{max}$  вычисляются по формуле (7), преобразованной к виду

$$\sigma_{S_{max}} = \sqrt{\sigma_{z_{max}}^2 + \sigma_{z_{min}}^2}, \quad (8)$$

где  $z_{min}$  – глубина до статического уровня ПВ. С учетом указанных погрешностей измерения глубины до уровня ПВ они составляют:  $\left(2\sigma_{S_{max}}\right)_{856} \cong$

$$0,0128 \left(2\sigma_{S_{max}}\right)_{857} \cong 0,0123 \text{ и } \left(2\sigma_{S_{max}}\right)_{858} \cong 0,0118 \text{ м.}$$

Нетрудно видеть, что преобразование второго уравнения в (2) в соответствии с (3) приводит к следующему выражению для среднего квадратичного отклонения параметра  $C$ , определяемого инструментальными погрешностями:

$$\sigma_C \cong \sqrt{\left(\frac{\sigma_{S_1}}{\lg \frac{t_2}{T+t_2} - \lg \frac{t_1}{T+t_1}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{S_2}}{\lg \frac{t_2}{T+t_2} - \lg \frac{t_1}{T+t_1}}\right)^2}.$$

Из последнего уравнения получаем, что  $(2\sigma_C)_{856} \cong 0,0190$ ,  $(2\sigma_C)_{857} \cong 0,0183$  и  $(2\sigma_C)_{858} \cong 0,0176$  м.

Подстановка всех вычисленных погрешностей в уравнение (6) дает значения вероятных инструментальных погрешностей параметра  $B$  –  $(2\sigma_B)_{856} \cong 9,283 \cdot 10^{-2}$ ,  $(2\sigma_B)_{857} \cong 7,533 \cdot 10^{-2}$  и  $(2\sigma_B)_{858} \cong 5,031 \cdot 10^{-2}$ . С учетом их имеем из (5)  $(2\sigma_a)_{856} \cong 61,35$ ,  $(2\sigma_a)_{857} \cong 40,81$  и  $(2\sigma_a)_{858} \cong 27,57$  м<sup>2</sup>/ч, иными словами, относительная инструментальная погрешность определения уровнепроводности по наблюдательным скважинам 856, 857 и 858 достигает соответственно 21,61 %, 17,54 % и 11,71 %. Отсюда, помня, что емкость  $\mu = \frac{T}{a}$ , нетрудно подсчитать:  $(2\delta_\mu)_{856} \cong 21,90$  %,  $(2\delta_\mu)_{857} \cong 17,94$  % и  $(2\delta_\mu)_{858} \cong 12,31$  %.

Анализ полученных значений случайных инструментальных погрешностей фильтрационных и емкостных параметров водовмещающих отложений показывает, что погрешности водопродимости по абсолютной величине соизмеримы со случайными инструментальными погрешностями водопродимости, установленными по данным прослеживания снижения уровня при откачке<sup>4</sup>. При этом проявляется тенденция незначительного роста значений абсолютных и относительных погрешностей с ростом расстояния от центра возмущения до наблюдательной скважины. Инструментальные погрешности уровнепроводности и емкости, оцененные для этапа восстановления уровня, соизмеримы с суммарными случайными погрешностями уровнепроводности и емкости, рассчитанными для этапа откачки. Для этих параметров также отмечается тенденция, но не роста, а, наоборот, снижения величин погрешностей (причем довольно интенсивного) с ростом расстояния от центра возмущения до наблюдательной скважины, так что для самой дальней наблюдательной скважины погрешности уровнепроводности и емкости для обоих этапов опыта (откачка и восстановление уровня) практически совпадают.

Перейдем к оценкам суммарных, итоговых случайных погрешностей фильтрационных и емкостных параметров, установленных по данным прослеживания восстановления уровня ПВ.

---

<sup>4</sup> Случайные инструментальные погрешности фильтрационных и емкостных параметров по кусту 801, рассчитанные по результатам прослеживания снижения уровня ПВ в наблюдательных скважинах, приведены в [5].

Выше, при постановке задачи оценок погрешностей фильтрационных и емкостных параметров было сделано важное для оценок инструментальных погрешностей этих параметров предположение – замеренные понижения уровня *однозначно* ложатся на асимптоты графиков временного прослеживания. При этом был проигнорирован тот факт, что опытная совокупность точек рассеяна относительно истинной асимптоты, отвечающей действительным параметрам проводящей среды. А между тем по облаку точек даже с видимой регрессионной связью в каждом конкретном случае может быть несколько вариантов осреднения (проведения расчетных асимптот).

Как отмечалось в [5], одним из важнейших представлений макроскопической феноменологической теории фильтрации является постоянство параметров среды во времени. Применительно к графоаналитическому методу это и означает существование на графиках временного прослеживания асимптотических участков с постоянными угловыми коэффициентами. Рассеяние измеренных величин понижения уровня ПВ относительно этих асимптот обуславливается реализацией погрешностей измерений (инструментальная погрешность), колебаниями дебита возмущения около его среднего значения, принимаемого за расчетное (методическая погрешность), влияния хаотической фильтрационной неоднородности высшего порядка или эффективной (погрешность модели) и др. Поэтому экспериментально зарегистрированные отклонения понижений уровня от аппроксимирующих асимптот (определяющих итоговые случайные погрешности параметров) всегда должны превышать подобные отклонения только за счет инструментальных погрешностей.

Таким образом, задача оценки случайных погрешностей водопроводимости, пьезо- или уровнепроводности и емкости водовмещающих отложений сводится к отысканию расчетных асимптот, наилучшим образом отвечающих истинным, и сопоставлению их с асимптотами по крайним вариантам рисовки. Оценки расхождений между ними являются максимальными и комплексно содержат в себе все возможные случайные погрешности фильтрационных и емкостных параметров. Оптимизация исследований подобного рода достигается, как показано в [5], на базе регрессионного анализа. Доверительные интервалы коэффициента регрессии  $C$  в уравнении (1) на выбранный уровень значимости отождествляются со случайными погрешностями этого коэффициента на тот же уровень значимости, а уже с учетом последних устанавливаются погрешности параметров. При этом оценки наиболее вероятных значений параметров рас-

четных асимптот на индикаторных кривых прослеживания восстановления уровня (и соответственно наиболее вероятных значений фильтрационных и емкостных параметров водовмещающих отложений) выполняются с использованием метода максимального правдоподобия, который в предположении нормального распределения экспериментальных данных сводится к методу наименьших квадратов (МНК) [13].

В [5] рассматривались некоторые аспекты применения МНК для оценок параметров расчетных асимптот на индикаторных кривых прослеживания снижения уровня ПВ в наблюдательных скважинах. Эти соображения полностью относятся и к интерпретации результатов прослеживания восстановления уровня после завершения откачки.

Вычисление погрешностей углового коэффициента  $C$  выполняется на основе уравнения для границ его доверительного интервала [9, 17], в котором величина доверительного интервала (определяющего эти самые погрешности) составляет

$$\Delta_C = \pm \frac{t_{q, N-2} S_y}{\sqrt{N-2}} \sqrt{\frac{N}{\sum_{j=1}^N \left( \lg \frac{t_j}{T+t_j} - \lg \frac{t}{T+t} \right)^2}}.$$

Здесь  $N$  – число измерений или наблюдений;  $j = 1, 2, \dots, N$ ;  $\lg \frac{t}{T+t}$  –

среднее значение переменной  $\lg \frac{t_j}{T+t_j}$ ;  $t_{q, N-2}$  – нормированное отклонение

распределения Стьюдента, зависящее от уровня значимости  $q$  и числа степеней свободы  $N-2$ , значения отклонения можно найти, например, в [3];  $S_y$  – стандартная ошибка уравнения регрессии, последняя для ограниченной выборки опытных данных равна

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (S_j - \hat{S}_j)^2}{N-2}},$$

где  $\hat{S}_j$  – значения переменной  $S$ , вычисленные по уравнению регрессии.

Методикой обработки опытных данных предусматривается постоянный расход откачки на всем ее протяжении. Однако на самом деле его

величина колеблется около некоторого среднего значения, принимаемого в качестве расчетного.

Ранее в оценках инструментальных погрешностей фильтрационных и емкостных параметров за такие колебания дебита принимались только реализованные инструментальные погрешности его измерений. Реально итоговые случайные погрешности расхода заметно больше инструментальных, так как зарегистрированные колебания  $Q$  обуславливаются также и неустойчивой во времени работой водоподъемного оборудования; превышения погрешностей фильтрационных и емкостных параметров, вызванные колебаниями дебита возмущения, над вероятными погрешностями за счет инструментальных погрешностей при его измерениях обозначаются как случайные методические погрешности. В силу равной вероятности отклонения в ту или иную сторону от среднего измеренных значений дебита распределение их можно считать нормальным, и тогда среднее квадратичное отклонение  $Q$  составляет

$$\sigma_{\bar{Q}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (Q_j - \bar{Q})^2}{N-1}}.$$

Здесь  $Q_j$  и  $\bar{Q}$  – соответственно измеренное и среднее значения дебита.

Теперь имеются все необходимые погрешности первичных измерений и промежуточных расчетов для вычислений случайных погрешностей фильтрационных и емкостных параметров. Для этого первое уравнение в (2) в соответствии с (3) преобразуем к виду

$$\sigma_T \cong \sqrt{\left(\frac{0,183 \sigma_{\bar{Q}}}{C}\right)^2 + \left(\frac{0,183 \bar{Q} \sigma_C}{C^2}\right)^2}.$$

Абсолютная погрешность пьезо- или урвнепроводности по-прежнему определяется соотношением (5). При этом в качестве  $2\sigma_{S_{\max}}$ , являющейся составной частью погрешности параметра  $B$ , используется ее инструментальная погрешность, вычисленная для наблюдательных скважин куста по уравнению (8) и приведенная выше.

Проиллюстрируем представленную методику оценок погрешностей водопроводимости, урвнепроводности и емкости водовмещающих отложений все тем же примером возмущения водоносного пласта кустом 801. В табл. 2 сведены результаты промежуточных расчетов, значения

установленных фильтрационных и емкостных параметров и их погрешности по наблюдательным скважинам куста.

Таблица 2

Случайные погрешности фильтрационных и емкостных параметров водоносного пласта (с доверительной вероятностью 0,954), установленные по кусту 801 ( $2\sigma_{\bar{Q}} = 7,39 \text{ м}^3/\text{ч}$ )

Параметры	Значения параметров по наблюдательным скважинам куста		
	856	857	858
Расстояние от центра возмущения до наблюдательной скважины $r$ , м	15	30	75
Число опытных точек на расчетной асимптоте $N$	33	30	27
Стандартная ошибка уравнения регрессии $S_y$	0,02138	0,01430	0,00925
Нормированное отклонение распределения Стьюдента $t_{q, N-2}$	2,0396	2,0484	2,0595
Абсолютная погрешность углового коэффициента расчетной асимптоты $2\sigma_C$ , м	0,02054	0,02013	0,0199
Абсолютная погрешность максимального понижения уровня, $2\sigma_{S_{\max}}$ , м	0,0128	0,0123	0,0118
Абсолютная погрешность водопродимости $2\sigma_T$ , м <sup>2</sup> /ч	2,3507	2,8302	2,8491
Относительная погрешность водопродимости $2\delta_T$ , %	7,78	8,50	8,13
Абсолютная погрешность параметра $B$ , $2\sigma_B$	0,0999	0,08216	0,5549
Абсолютная погрешность уровнепроводности $2\sigma_a$ , м <sup>2</sup> /ч	66,020	44,506	30,407
Относительная погрешность уровнепроводности, $2\delta_a$ , %	23,26	19,13	12,92
Относительная погрешность гравитационной емкости $2\delta_{\mu}$ , %	24,53	20,93	15,27

Для суммарных случайных погрешностей фильтрационных и емкостных параметров прослеживаются те же закономерности распределения их значений с расстоянием от центра возмущения, что и для инструментальных. При этом суммарные погрешности лишь незначительно превышают инструментальные. Однако повышение класса точности измерительной аппаратуры вряд ли заметно снизит итоговые погрешности в

условиях опытно-фильтрационного опробования в условиях, аналогичных условиям выполненной откачки (в первую очередь при аналогичных глубинах до уровня ПВ). С возрастанием глубин до уровня ПВ применение более совершенной аппаратуры способно существенно уменьшить как инструментальные, так и суммарные случайные погрешности фильтрационных и емкостных параметров.

Полученные оценки случайных погрешностей фильтрационных и емкостных параметров показывают, что, вопреки бытующему мнению о большей достоверности таких параметров, определенных по результатам прослеживания восстановления уровня ПВ, эти погрешности не слишком отличаются от погрешностей параметров, установленных по данным прослеживания снижения уровня ПВ, а инструментальные даже заметно превышают аналогичные, полученные для параметров на этапе откачки. Таким образом, достоверность параметров одинакова для обоих этапов опыта, а сами параметры можно считать равноточными.

В целом описанное опробование выполнено качественно. Случайные погрешности определенных по его результатам фильтрационных и емкостных параметров (особенно  $a$  и  $\mu$ ) как только инструментальные, так и итоговые, суммарные показывают минимальный уровень этих погрешностей. Многофакторность их формирования не позволяет выбрать какую-либо из величин этих погрешностей в качестве характерной; оценку их необходимо выполнять для каждого опыта, каждой наблюдательной скважины. В этом смысле описанное опробование дает только общее представление о вероятных величинах таких погрешностей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.С., Коммунар Г.М., Шержуков Б.С. Массоперенос в водонасыщенных горных породах // Итоги науки и техники. Сер. Гидрогеология. Инженерная геология. – М.: ВИНТИ, 1989. – Т. 11. – 143 с.
2. Биндеман Н.Н., Язвин Л.С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод (методическое руководство). – М.: Недра, 1970. – 216 с.
3. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – М.: Наука, 1983. – 416 с.
4. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. – М.: Недра, 1979. – 327 с.
5. Бураков М.М. Об оценке достоверности фильтрационных параметров // Водные ресурсы. – 1996. – Т. 23. – № 5. – С. 539-547.
6. Бураков М.М. Личные случайные погрешности фильтрационных параметров // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 2000. – № 6. – С. 103-115.

7. Дубинчук В.Т., Шустов В.М. Измерения при гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях. – М.: Недра, 1984. – 192 с.
8. Железняков Г.В., Данилевич Б.Б. Точность гидрологических измерений и расчетов. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 240 с.
9. Зальцберг Э.А. Статистические методы прогноза естественного режима уровня грунтовых вод. Л.: - Недра, 1976. – 102 с.
10. Левчук Г.П. Курс инженерной геодезии. – М.: Недра, 1970. – 412 с.
11. Маликов С.Ф., Тюрин Н.И. Введение в метрологию. – М.: Стандартгиз, 1966. – 248 с.
12. Мироненко В.А., Шестаков В.М. Теория и методы интерпретации опытно-фильтрационных работ. – М.: Недра, 1978. – 326 с.
13. Мудров В.И., Кушко В.Л. Методы обработки измерений. (Квазиправдоподобные оценки). – М.: Советское радио, 1976. – 192 с.
14. Оценка точности определения водопроницаемости горных пород / Н.И. Ильин, С.Н. Чернышев, Е.С. Дзекцер и др. – М.: Наука, 1971. – 151 с.
15. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 424 с.
16. Свешников А.А. Основы теории ошибок. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1972. – 125 с.
17. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. – М.: Мир, 1980. – 456 с.
18. Фрид Ж. Загрязнение подземных вод. Теория, методика, моделирование и практические приемы. – М.: Недра, 1981. – 304 с.
19. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. – М.: Мир, 1972. – 381 с.
20. Шестаков В.М. Вопросы терминологии в геогидродинамике // Водные ресурсы. – 1984. – № 5. – С. 156-159.

Институт гидрогеологии и гидрофизики  
им. У.М. Ахмедсафина

ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫНЫҰ ДЕҰГЕЙІН САЙТА САЛПЫНА КЕЛТІРУДІ  
БАСЫЛАП ОТЫРУДЫҰ М...ЛІМЕТТЕРІ БОЙЫНША АЛЫНҰАН  
ФИЛЬТРЛІК Ж...НЕ СЫЙЫМДЫЛЫСТЫС ПАРАМЕТРЛЕРІНІҰ  
ДҰРЫСТЫҰЫН БАҰАЛАУ ТУРАЛЫ

Геол.-мин. Жылымд. канд.

М.М. Бураков

*Т., жірбиелі бғталы шайғауды тојтатјаннан кейін деҰгейді  
жайта јалпына келтіруді бајылап отырудыҰ н., тижелері бойынша  
аныјталЈан, су јосып араластырылЈан шіғінділердіҰ филтрлік  
ж., не сыйымдылыјтыј параметрлерініҰ кездейсој јателіктерін  
баЈалаудыҰ , дістемелік м., селелері јарастырылады.*

УДК 630:551.5

**О НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ВОПРОСАХ КАЧЕСТВА ВОД И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВОДОПОЛЬЗОВАНИЮ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**Доктор техн. наук М.Ж. Бурлибаев  
Канд. техн. наук Б.К. Есекин

*В статье приведены результаты обсуждения международного семинара о нормативно-правовых проблемах качества поверхностных вод, организованного Региональным экологическим Центром Центральной Азии.*

ЛОНДОН, 30 марта 2005 года – в опубликованном крупномасштабном исследовании, подготовленном 1300 ведущими экспертами из 95 стран, говорится, что 60 процентов услуг экосистем, которые поддерживают жизнь на нашей планете (таких как регулирование химического состава воздуха, круговорота и запасов пресной воды, рыбных ресурсов, поддержание благоприятных для жизни параметров климата и другие), нарушены или используются неустойчивым образом. Ученые предупреждают о том, что опасные последствия этой деградации в ближайшие годы еще больше усилятся, что повлечет непредсказуемые и катастрофические процессы.

«Любой прогресс, достигнутый в деле сокращения масштабов нищеты и ликвидации голода, улучшения состояния здоровья людей и защиты окружающей среды, вряд ли будет устойчивым, если большая часть экосистемных услуг, от которых зависит само существование человечества, будет продолжать деградировать», говорится в исследовании, озаглавленном «Сводный доклад об Оценке экосистем на пороге тысячелетия». В нем указывается, что происходящая **деградация экосистем является главным препятствием на пути достижения Целей тысячелетия**, согласованных лидерами стран мира в 2000 году.

Если учесть, что устойчивость экосистем лежит в основе так называемой экологической устойчивости и является фундаментом для устойчивого развития<sup>1</sup>, то становится очевидным крайне важное значение задачи по со-

---

<sup>1</sup> Понимание устойчивого развития сегодня «размыто» «политическим» определением ООН о трех составляющих устойчивого развития: экономической, социальной и экологической, хотя экспертам известно, что устойчивое развитие определяется устойчивостью экосистем (экологическая устойчивость), деятель-

хранению экосистем. К сожалению, в современном обществе еще отсутствует осознание выполняемой роли и функций (услуг) экосистем. Сохранение экосистем воспринимается сегодня обществом как второстепенная задача, относящаяся только к природоохранным ведомствам. В нормативных документах стран ЦА термин «охрана экосистем» не имеет еще правового статуса, а **среди в системе государственного управления стран ЦА даже не определены ответственные за состояние и сохранение экосистем<sup>2</sup>.**

Имеется два основных антропогенных фактора, оказывающих разрушительное воздействие на экосистемы: чрезмерное использование природных ресурсов и загрязнение природной среды. Известно, что чрезмерный забор воды и развитие орошаемого земледелия в бассейне Аральского моря превысили возможности экосистемы и привели к её разрушению с катастрофическими последствиями. Однако, несмотря на пример с катастрофой Арала, нужды экосистем и их ограниченные естественные возможности по-прежнему не принимаются во внимание. Как следствие, ухудшается качество питьевой воды и здоровье населения, снижается плодородие земель и урожайность, сохраняется бедность и миграция. По оценкам экспертов ущерб от разрушения экосистемы Аральского моря в связи с падением уровня моря и загрязнением воды только в Казахстане составил более 45 млрд. долл. США<sup>3</sup>.

В последние годы государственные органы признали Аральское море как 6-й потребитель. Но на практике экологический сток<sup>4</sup> в Арал по-прежнему не обеспечивается. Еще некоторое время потребуется, чтобы стало ясно, что сохранение экосистемы и обеспечение экологического стока является задачей более высокого уровня и приоритетной по отношению к хозяйственному водопользованию, так как обеспечивает устойчивость благоприятных для жизни параметров качества природной среды и

---

ность которых поддерживает жизненно важные для человека экологические параметры (климат, состав атмосферы, водооборот и т.д.) и ресурсную базу – основу для экономического и социального развития.

<sup>2</sup> В функциях природоохранных министерств имеется много различных задач – от борьбы с мусором до сбора штрафов, но размыты основные задачи по защите и сохранению экосистем. Поэтому природоохранные ведомства даже не участвуют в решении вопросов определения и контроля попусков воды для нужд экосистем.

<sup>3</sup> Кипшакбаев Н.К. Региональные проблемы водного хозяйства. 2004

<sup>4</sup> Есть некоторые различия понятий «санитарные попуски», «экологические попуски» и «экологический сток». Последнее понятие является более точным определением, учитывающим и регулируемые и нерегулируемые человеком стоки для экосистем.

всей системы жизнедеятельности в бассейне. **Поэтому Арал должен быть не 6-м, а 1-м и приоритетным потребителем воды.**

### **Вопросы качества вод**

Другой важный вопрос, незаслуженно отодвинутый на второй план, это вопрос загрязнения воды, хотя, как известно, качество и количество водных ресурсов взаимосвязаны и не отделимы. По мере развития орошения в регионе Центральной Азии (ЦА) и строительства дренажных систем наблюдался постоянный рост формирования возвратных вод, который был особенно интенсивным в период 1960...1990 гг. В среднем за период 1990...1999 годов суммарный объем возвратных вод составлял от 28,0 до 33,5 км<sup>3</sup> в год. От 13,5 до 5,5 км<sup>3</sup> ежегодно формировалось в бассейне Сырдарьи и до 19 км<sup>3</sup> – в бассейне Амударьи. Более 60 % от общего объема возвратных вод отводится по коллекторам в реки, около 27 % – в понижения. Лишь 13 % возвратных вод повторно используется для орошения, что обусловлено их непригодностью из-за загрязненности. В страны, расположенные ниже по течению рек, вода поступает после использования и уже сильно загрязненная химикатами, что приводит к заражению выращиваемой продукции и вторичному загрязнению земель. Поэтому вопросы загрязнения воды должны быть включены в повестку Международного фонда спасения Арала (МФСА), а **вопросы межгосударственного и межсекторального водodelения должны учитывать не только количественные, но и качественные характеристики воды.**

Еще одной проблемой являются стоки, сбрасываемых в реки без каких-либо лимитов и ограничений, что нередко превращает хорошие пресные воды в слабоминерализованные и трудно используемые для любых потребностей. Водоемы в пустынных зонах и на периферии орошаемых земель питаются коллекторно-дренажными водами не упорядоченно, в результате чего эти водоемы могут терять свое экологическое значение. В регионе ЦА на базе коллекторно-дренажных и сбросных вод появилось несколько сотен водоемов различных объемов и размеров от таких как Айдар-Арнасайское с объемом более 20 км<sup>3</sup>, Сарыкамыш с объемом около 100 км<sup>3</sup>, Денгизкуль, Соленое, Судочье, до мелких в несколько миллионов кубометров, не имеющих проточности. Но ни рыбопродуктивность, ни фауна и флора на таких водоемах не являются стабильными из-за нестабильности водно-солевого режима, формируемого без контроля и под влиянием случайных факторов. **Проблема возвратных вод и созданных на них**

**многочисленных водоемов также должна быть рассмотрена особо как на региональном, так и национальном уровне.**

В рамках мероприятий этой конференции РЭЦА проводит при поддержке ГВП, ЕЭК ООН и ПРООН региональный семинар по проблемам качества вод для стран ЦА и Кавказа с целью обмена опытом о состоянии нормативно-правовой базы в этой области и перспективах ее развития. Остановимся кратко на существующих методах нормирования сточных вод, поскольку именно системы нормирования определяют во многом политику государства и предприятий в отношении качества воды. Известно, что системы регулирования сточных вод в странах ЦА основаны на концепции предельно допустимых сбросов (ПДС). В качестве основных методов установления ПДС известны **два метода: «подход на основе качества окружающей среды» и «технический подход».**

В регионе ЦА в настоящее время регулирование качества водных ресурсов почти полностью базируется на подходе на основе качества окружающей среды<sup>5</sup>. Вместе с тем, в Европейском Союзе (в том числе, в Директиве ИРПС) и в Северной Америке признается, что оптимальной основой для определения ПДС в разрешениях должен быть комбинированный подход на основе оценки качества окружающей среды и доступных современных технологий. **«Комбинированный подход» предполагает взаимодополняющий, а не исключаяющий характер этих двух методов.**

Комбинированный подход к установлению ПДС представляет собой систематическую оценку технических методов по отношению к применимым требованиям качества окружающей среды. Подход на основе качества окружающей среды и технический подход преследуют разные цели. Известно, что предельно допустимые уровни, определенные путем подхода на основе качества окружающей среды, базируются на ассимилирующей способности водных объектов, т.е. они гарантируют, что сбросы загрязняющих веществ не превысят ПДК.

Цель технических предельно допустимых уровней – добиться внедрения наилучших доступных технических методов, которые позволяют сокращать загрязнение, независимо от конкретных экологических условий с учетом экономических возможностей, но без предписания конкретной технологии. Технические ПДС могут быть определены при рассмотрении наилучших доступных технических методов (ВАТ), зафиксиро-

---

<sup>5</sup> Здесь и далее использованы материалы Руководства по системе комплексных природоохранных разрешений для стран ВЕКЦА. СРГ ПДООС 2004

рованных в законодательстве (так называемые технические нормативы ПДС). Такие Нормативы ПДС представляют собой максимальные ПДС, которые могут быть заложены в разрешениях.

Каждый из этих подходов имеет недостатки. Технического регулирования может быть недостаточно для защиты природных объектов, так как оно не учитывает ассимилирующих возможностей окружающей среды. Кроме того, техническое регулирование может оказаться дорогостоящим, когда соответствующие технические ПДС будут чрезмерно строги.

С другой стороны, подход, основанный на ПДК, предполагает достаточно полное изучение характера экологического воздействия и требует наличия достаточной информации для его оценки. Применение данного подхода позволяет загрязнителям воспользоваться отсутствием или недостаточностью сведений о состоянии или воздействии на окружающую среду. Кроме того, концентрация на природоохранных требованиях в этом подходе не создает стимулов к технологическим инновациям.

Поэтому эти два подхода должны применяться совместно, чтобы добиться как защиты окружающей среды, так и внедрения новых технологий. Технический подход гарантирует технические меры, способные обеспечить определенные экологические показатели. Подход на основе ПДК позволяет также добиться соответствия технических методов конкретным экологическим условиям и специфическим требованиям.

#### **Комбинированный подход в законодательстве ЕС**

До принятия Директивы IPPC в 1996 г. сбросы сточных вод в ЕС регулировались сочетанием стандартов качества окружающей среды и нормативных, фиксированных ПДС. (В некоторых государствах ЕС комплексный контроль за загрязнением был введен задолго до вступления в силу Директивы IPPC, например, в Великобритании – законом «Об охране окружающей среды» 1990 г., на котором в большой мере базировалась Директива IPPC). В 1970-е и 1980-е гг. законодательством первой волны предусматривались **стандарты качества воды** в отношении опасных веществ, сбрасываемых в воду, используемую для забора питьевой воды, рыбохозяйственные водоемы, зоны массового купания и грунтовые воды. На уровне ЕС установлены ПДК в отношении веществ так называемого Перечня I согласно Директиве 76/464 о загрязнении, вызванном сбросом опасных веществ в водоемы. Государства-члены ЕС были обязаны установить ПДК в отношении веществ Перечня II. Законодательством о загрязнении воды опасными веществами также предусматривались технические нормативы ПДС.

На практике подобный комбинированный подход «первого поколения» означал, что когда стандарты качества воды не превышаются, ПДС не должны быть выше технических нормативов ПДС. Однако, если применение технических нормативов ПДС не гарантировало соответствия экологических требований (ПДК), разрешения на сброс должны содержать более жесткие условия.

Директивой IPPC (96/61/ЕС) было введено понятие **наилучших доступных технических методов** (ВАТ) и требовалось, чтобы в отношении производств/установок, охватываемых данной Директивой, ВАТ были основным фактором при установлении ПДС. При этом справочными документами по ВАТ (документами BREF) не предписывается использование какого-либо конкретного технического метода, а предлагается диапазон уровней сбросов, которые можно достигнуть применением лучших и доступных технических методов. Конкретный ПДС определяется на основе такого диапазона сбросов с учетом технических характеристик установки, ее географического положения и экологических условий.

В соответствии с Директивой IPPC взаимодействие между техническими и экологическими факторами при определении ПДС должно определяться следующими принципами:

- ВАТ должны использоваться всегда, независимо от фактической экологической обстановки.
- Расчеты, основанные на качестве окружающей среды (ПДК), также должны выполняться, чтобы было видно, что будет достигнуто (в плане охраны окружающей среды) в результате применения ВАТ.
- Если ПДК превышаются (в случае внедрения ВАТ), сбросы должны быть сокращены сверх уровня, определенного от применения ВАТ. В случаях, когда затраты на дополнительные меры высоки или их осуществимость вызывает сомнения, орган, выдающий разрешения, может принять решение о закрытии некоторых источников или отказать в выдаче разрешений на новые источники или расширение производства.
- Планы будущего расширения деятельности должны учитываться и быть экологически безопасными. Следовательно, ПДС следует устанавливать с запасом по отношению к ПДК, а сами ПДК следует регулярно пересматривать.

### **Внедрение комбинированного подхода**

При комбинированном подходе к установлению требований, закладываемых в разрешениях, оценка ВАТ осуществляется вместе с оценкой окружающей среды.

Комбинированный подход состоит из следующих этапов:

- Проводится оценка ПДС, основанных на ВАТ, предлагаемых в заявке на получение разрешения.
- Определяется, предусмотрены ли законодательством фиксированные (типовые) ПДС в отношении рассматриваемых загрязняющих веществ. Требуется, чтобы сброс не превышал такой норматив ПДС.
- Рассчитывается ПДС, требуемый для обеспечения ПДК. Расчет имеет смысл только в том случае, если данные мониторинга показывают неблагоприятное состояние водного объекта, а ПДК установлены на реалистичном уровне.
- Итоговое установление ПДС в разрешении на сброс с учетом ВАТ, типовых нормативов ПДС и ПДК. Сброс должен в возможно большей степени сокращаться в результате использования ВАТ и, по меньшей мере, соответствовать фиксированному ПДС, предусмотренному законодательством. Более того, сброс должен быть оценен вместе со сбросами из всех других источников, с тем, чтобы соблюдался применимый стандарт качества.

### **Существующая ситуация и тенденции в странах ЦА и Кавказа: Преобладание подхода качества окружающей среды**

В настоящее время в мировой практике нет единых научно-обоснованных нормативов качества поверхностных вод, и единого методического подхода к экологическому нормированию использования водных ресурсов, чему свидетельством служит наличие различных подходов экологического нормирования в странах Европейского Сообщества, США, Японии и СНГ. Данная проблема рассматривалась на международном семинаре **«Современные проблемы и перспективы развития нормативной базы качества вод»**, проходивший 26 -29 апреля 2005 года в Алматы, организованном РЭЦА при поддержке ГВП, ЕЭК ООН и ПРООН с участием представителей министерств охраны окружающей среды и водохозяйственных ведомств и экспертов из Азербайджана, Армении, Грузии, Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Туркменистана, Узбекистана, России и стран Европейского Сообщества. Из анализа представленных

докладов и выступлений участников семинара выявлены следующие составляющие системы нормирования качества поверхностных вод:

**Схема управления качеством вод и стандарты (нормативы) качества вод.** В странах ЦА и Кавказа концептуальные подходы управления качеством вод остались неизменными со времен Советского Союза, основанные на санитарном нормировании, которое требовало соблюдения предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воде водных объектов. При этом предельно-допустимые сбросы (ПДС) до настоящего времени рассчитываются на основе ПДК и не учитывают экологические возможности самоочищения водных бассейнов.

ПДС устанавливаются на основе качества окружающей среды. Предельно допустимые сбросы устанавливаются исходя из предположения, что они не приведут к превышению стандартов качества окружающей среды (ПДК). К числу основных недостатков практики установления стандартов качества окружающей среды, применяемой в странах ЦА и Кавказа, относятся следующие:

**Отсутствие управления риском.** В основе природоохранного регулирования в странах ЦА лежит принцип нулевого риска для здоровья человека. Данный подход предполагает полное предупреждение всех экологических рисков, независимо от уровня опасности, которую они представляют, что мешает внедрению стратегии управления риском, которая позволяет определить приоритетные виды воздействия на окружающую среду и оценить экономическую эффективность принимаемых мер. В результате, существует приблизительно около 1 200 ПДК для рыбохозяйственных водоемов (почти все поверхностные водоемы подпадают под эту категорию водопользования). Действует общее требование о том, что вещество не может сбрасываться в воду, если для него не установлена ПДК, при том, что подавляющее большинство этих веществ не контролируются. Кроме того, ожидается, что стандарты качества окружающей среды будут соблюдаться непрерывно. Это тоже нереально, так как изменения качества окружающей среды не всегда являются следствием контролируемых изменений. В реальности есть много не зависящих от человека причин (например, погодные условия или цветение морских водорослей).

**Отсутствие учета технических факторов.** Системы регулирования качества воды на основе жестких стандартов (ПДК) страны ЦА и Кавказа не учитывают технической и экономической возможностей. Такой подход приводит к тому, что требования в отношении схожих предприятий могут

быть различны, а затраты на их соблюдение чрезмерно высоки, что приводит к сопротивлению предприятий. Так как многие предприятия не могут соблюдать ПДС, установленные на основе ПДК, в странах практикуется применение «временных» (менее жестких) лимитов на сбросы. Эти лимиты обговариваются предприятием и органом, выдающим разрешение на индивидуальной основе в рамках процедуры выдачи разрешений. В большинстве случаев временные лимиты устанавливаются на уровне, близком к фактическим уровням загрязнения, что в конечном итоге не стимулирует сокращение загрязнения и достижение декларируемых целей.

**Отсутствие положений о пересмотре.** Пересмотр нормативных требований – это также необходимая процедура. В странах ЦА и Кавказа отсутствуют положения, предписывающие открытый для общественности пересмотр стандартов качества окружающей среды и сопряженных с ними процедур установления ПДС. Это мешает своевременной оценке обоснованности требований и их улучшению. Кроме того, возможный пересмотр стандартов рассматривается некоторыми участниками процесса (в частности, органами здравоохранения) как «ослабление» природоохранных требований. Наконец, модели рассеивания, применяемые для расчета ПДС на основе ПДК, часто не отвечают конкретным нуждам анализа и предполагают использование данных, которые зачастую недоступны или недостоверны.

Практически, во всех странах приняты различные программы по реформированию законодательства в области загрязнения вод, но ни в одной стране нет однозначного подхода по решению указанного вопроса. Все действия, в основном, сводятся к переутверждению советских норм ПДС, ПДК и методических указаний, где одним из основных недостатков программ является отсутствие сравнительного анализа ущерба от жестких стандартов и затрат на проведение реформирования.

В странах ЦА и Кавказа существует государственная система управления качеством вод, основанная на безусловном соблюдении ПДК. Эти нормы в свое время разрабатывались академическими институтами Академии наук СССР, а затем применялись по всей территории Советского Союза без учета различий в физико-географических, социальных и экономических условиях. Тем не менее, в странах ЦА и Кавказа в настоящее время вновь утверждены и приняты новые ПДК для разных категорий водных объектов, повторяющие ПДК принятые Российской Федерацией, которые практически не отличаются от старых советских норм и при полном отсутствии биотестирования и биоиндикации.

**Процесс по реформированию нормативов качества поверхностных вод.** Понимая, что ныне действующие нормативы качества поверхностных вод в странах СНГ не соответствуют требованиям водных экосистем, в отдельных странах есть первые попытки реформирования этих нормативов. Например, в Республике Казахстан, по примеру России, впервые в 2003 году новым Водным Кодексом была предусмотрена система нормирования загрязнения вод, основанная на нормативах предельно-допустимого вредного воздействия (ПДВВ) на водные объекты (здесь следует подчеркнуть, что Россия в новом Водном Кодексе в 2005 году отказалась от ПДВВ, из-за методических проблем). Норматив предельно-допустимого вредного воздействия (ПДВВ), полагает нормирование пределов антропогенного воздействия на водные объекты в целом для бассейна, включая его водосборную площадь.

В 2005 году в Казахстане начата работа по разработке нормативно-методической документации по внедрению ПДВВ на некоторых водных объектах республики.

В Узбекистане внедряется в практику в место предельно-допустимых сбросов техникой достижимые показатели (ТДП), где фактические концентрации загрязняющих веществ намного ужесточены по сравнению с ПДС. При этом эти ТДП не являются постоянными величинами и корректируются через определенные периоды времени.

Природоохранные службы Грузии активно работают над гармонизацией природоохранного законодательства с законодательством Европейского Сообщества и планируют изменить коренным образом подходы как к установлению стандартов качества вод, так и к установлению предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ со сточными водами. Эксперты Грузии считают, что в первую очередь следует остановиться на стандартах эмиссии (стандарты качества вод водных объектов могут какое-то время даже оставаться прежними и рассматриваться как целевые показатели, к которым надо стремиться в перспективе).

**Специальные уполномоченные органы, регулирующие качество вод.** В странах Центральной Азии и Кавказа государственное управление водохозяйственным комплексом осуществляют уполномоченные государственные органы управления использованием и охраной водного фонда, местные представительные и исполнительные органы. Уполномоченные органы представлены республиканскими структурами по охране природы, по управлению и охране вод, как самостоятельными, так и в со-

стве различных министерств и ведомств, органами санитарного контроля и структурами гидрометеорологических служб.

Участие гражданского общества в управлении водными ресурсами, практически не наблюдается и сводится к участию в семинарах и конференциях, на которых принимаются обращения к государственным органам управления. В отдельных республиках при поддержке международных организаций общественные организации проводят исследования и участвуют в реализации проектов, направленных на улучшение качества вод.

Некоторые страны активно работают над гармонизацией природоохранного законодательства с законодательством Европейского Сообщества. Например, Водным Кодексом Республики Армения устанавливается следующая система управления и охраны водных ресурсов, хотя вопрос о разработке новых нормативов качества поверхностных вод остается по-прежнему:

1. Национальный водный совет;
2. Комиссия по разрешению споров (Согласительная комиссия);
3. Орган управления и охраны водных ресурсов;
4. Орган управления водными бассейнами;
5. Орган управления водными системами;
6. Координационный совет обществ водопользователей и Союзов обществ водопользователей;
7. Регулирующая комиссия.

Для более эффективного управления природоохранной деятельностью, Госкомприрода Республики Узбекистан совместно с заинтересованными министерствами и ведомствами, планирует создать всестороннюю информационную систему управления окружающей средой Узбекистана, которая даст возможность обрабатывать объемные данные и информацию по окружающей среде, получаемые в результате проводимых в Узбекистане программ, исследований и статистического анализа. Эта система будет служить общенациональной структурой управления данными и обеспечит механизм для гармонизации и единства данных по окружающей среде, требуемых в соответствии с решением Правительства республики.

**Существующая система мониторинга качества вод.** В странах ЦА и Кавказа существует государственная система наблюдения за загрязнением водных объектов. Организации, осуществляющие мониторинг природной среды, существуют на технической, методической базе бывших республиканских органов Госкомгидромета СССР.

Контроль ведется за соблюдением ПДК в водных объектах, про-

граммы наблюдений значительно сокращены, финансовые, технические, организационные и методические проблемы не позволяют получать оперативные сведения, которые необходимы для управления качеством вод.

**Порядок выдачи разрешений на водопользование и сброс загрязненных сточных вод.** Разрешения (лицензии) на право водопотребления, водопользования и сброс загрязненных сточных вод выдаются государственными органами по представлению водопотребителями и водопользователями (физическим или юридическим лицом) проектов достижения ПДС, прошедших согласование с органами санитарно-эпидемиологических служб и охраны природы.

Лицензия на сброс сточных вод в поверхностные водные объекты выдается только в том случае, когда содержащиеся в сбросе загрязняющие вещества совместно с фоновой концентрацией не превышают установленных ПДК. Разрешения выдаются на республиканском и местном уровнях. Разрешения определяют основные условия водопотребления и водопользования, время начала и окончания деятельности по водопотреблению и водопользованию.

**Система государственного и ведомственного контроля.** В странах ЦА и Кавказа государственные органы контролируют и регулируют соблюдение физическими и юридическими лицами установленных водным законодательством норм и правил использования и загрязнения вод, мероприятий по предотвращению вредного воздействия вод и ликвидации его последствий, ведение первичного и государственного учета использования вод и выполнение иных обязательств.

Государственный контроль имеет право требовать устранения выявленных нарушений водного законодательства, прекращать самовольное пользование водой и водными объектами, а также пользование с нарушением установленных правил, сроков, квот и других требований, приостанавливать работы, при осуществлении которых систематически нарушается водное законодательство и т.д.

Органы государственного контроля имеют право (в установленном порядке) привлекать к административной, уголовной ответственности водопотребителей и водопользователей за нарушение законодательства по охране вод, предъявлять нарушителям штрафные платежи и возмещение ущерба. Денежные средства, полученные в виде штрафов от физических и юридических лиц, платежей и т.п., направляются в государственный бюджет, а не на выполнение природоохранных мероприятий, что существенно снижает эффект воздействия.

Ведомственный контроль – контроль водопотребителя и водопользователя за соблюдением законодательства по охране вод, требований, предусмотренных разрешением (лицензией) и предписаний контролирующих органов.

**Стимулы (антистимулы) снижения загрязнения вод.** Охрана водных объектов от загрязнения решаются на основе законодательств стран, которые сводятся к системе платежей на основе разрешений (лицензий) за:

- сброс сточных вод нормативного качества в водные объекты в пределах установленных лимитов;
- сброс в водные объекты сточных вод нормативного качества сверх установленных лимитов.

Загрязнитель (пользователь) платит, но средства направляются в госбюджет и только частично на выполнение мероприятий по снижению загрязнения вод.

В странах ЦА и Кавказа принцип предотвращения воздействия на природу, на основе экологического прогноза и мониторинга качества окружающей среды, практически, не используется. Общественное мнение не достаточно учитывается и не имеет должного воздействия на процесс снижения загрязнения вод.

**Проблемы и перспективы развития нормативной базы.** Существующий механизм нормирования качества вод в странах ЦА и Кавказа не учитывает состояние экосистем водных объектов и их реакцию на антропогенное воздействие, недостаточно эффективен как инструмент по управлению качеством вод, ограничивает возможности региональных органов власти и предприятий в разработке и выполнении реальных, экономически оправданных мероприятий по охране и улучшению качества вод, устойчивого обеспечения потребностей населения, отраслей промышленности, сельского хозяйства, энергетики и т.д.

Основными недостатками существующей системы нормирования и требований к качеству вод являются:

- недостаточная системность законодательной базы и подзаконных актов в области нормирования качества вод;
- наличие в перечнях ПДК наименований смесей и веществ, которые в принципе не могут быть определены аналитическими методами;
- отсутствие практики дифференцированного подхода к нормированию содержания веществ природного происхождения в водных объектах

различных физико-географических регионов (региональные или бассейновые нормы);

- практическое отсутствие связи нормирования сброса загрязняющих веществ с реальными экономическими и технологическими возможностями по их выполнению;
- недостаточно обоснованные нормативы сброса загрязняющих веществ в водные объекты как следствие несовершенства системы стандартов и существующих методик расчета предельно допустимых сбросов (ПДС);
- отсутствие системы комплексного токсикологического контроля качества сточных вод;
- ведомственная разобщенность при установлении, применении и контроле нормируемых показателей качества вод;
- тенденция к расширению перечней химических показателей и, соответственно, удорожанию контроля для более полной оценки загрязнения в соответствии с принятой системой платежей.
- отсутствие разработок единого межгосударственного перечня нормируемых вредных веществ в водных средах и региональных перечней приоритетных загрязняющих веществ;
- отсутствие информационного обмена базами данных между трансграничными государствами;
- системы поддержки принятия решений, как правило, не используются в процессе нормирования и контроля;
- отсутствие приоритетной системы оперативного прогнозирования и ликвидации последствий аварий, связанных с загрязнением водных объектов.

По мнению экспертов, существующее природоохранное нормирование качества поверхностных вод имеет также недостатки, выражающиеся в отсутствии:

единой концепции природоохранного нормирования качества вод, определяющей цели и критерии оценок состояния речных экосистем при тех или иных антропогенных воздействиях;

унифицированных принципов и методов экологического нормирования качества поверхностных вод как на межгосударственном, так и национальном уровнях, четких требований к обоснованности, надежности и периодической коррекции норм и регламентов экологической безопасности;

пространственно-временной дифференциации и ограничений на использование экологических нормативов применительно к различным

природным зонам и для охраны целых речных экосистем, а не только отдельных их компонентов;

достаточных эмпирических данных и адекватных процедур экологической диагностики, как качества поверхностных вод, так и в целом состояния речных экосистем, физических и математических моделей речных экосистем;

организационных и материально-технических условий для широкого развертывания научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по проблемам обеспечения экологической безопасности, включая и экологическое нормирование качества вод.

Участники регионального семинара, представители министерств в области охраны окружающей среды и водного хозяйства, международных организаций, научных и общественных организаций заслушав и обсудив доклады, **пришли к единому мнению и приняли следующую резолюцию:**

в странах Центральной Азии и Кавказа существующая система нормирования загрязнения вод не стимулирует снижение загрязнения, сохранение и улучшение состояние водных экологических систем;

водопотребители и водопользователи зачастую не имеют финансовых, технологических и технических возможностей, которые могли бы обеспечить соблюдение установленных требований, добиться сокращения сбросов;

в некоторых странах не ясно определены ответственность и полномочия среди государственных органов по вопросам качества воды, а министерства и ведомства не имеют достаточных организационных, финансовых и технических возможностей для совершенствования нормативной базы;

современная система регулирования качества воды, существующая в странах ЕС, признается всеми участниками семинара, как возможность для поэтапного совершенствования существующей нормативной базы и внедрения принципов интегрированного управления водными ресурсами;

общие интересы и цели по сохранению водных экосистем и улучшение качества водных ресурсов являются основой для дальнейшего межсекторального и межгосударственного сотрудничества.

#### **Участники семинара рекомендовали:**

РЭЦЦА продолжить поддержку сотрудничества между странами, водными и экологическими секторами по совершенствованию систем нормирования качества воды.

1. Сформировать рабочую группу из представителей стран ЦА для развития сотрудничества, в сфере совершенствования нормативной базы качества вод.

2. РЭЦЦА, РЭЦ Кавказа совместно с рабочей группой обобщить представленные доклады, материалы и рекомендации рабочей группы семинара и подготовить предложения по дальнейшим практическим шагам по совершенствованию нормативной базы в области качества воды.
3. Участники семинара обращаются в международные организации с просьбой оказать поддержку странам ЦА и Кавказа в их усилиях по совершенствованию нормативной базы и гармонизации законодательства между странами с учетом международного опыта.
4. Участники семинара выражают благодарность РЭЦЦА, ГВП, ЕЭК ООН, ПРООН за организацию этого семинара.

Рабочими группами, созданными на семинаре, были также предложены практические рекомендации.

**«Следующие практические шаги» (предложения Рабочих Групп)**

1-й этап

1. Провести сравнительный анализ эффективности и применимости в новых экономических и управленческих условиях действующих систем управления качеством водных ресурсов – системы ПДК-ПДС, нормативов ПДВВ.
2. Изучить опыт применения Европейской Водной Директивы, в частности системы управления, основанной на концепции комбинированного применения экосистемных стандартов качества, целевых показателей качества водных бассейнов и наилучших доступных технологиях, а также нормативов ПДС. Использовать руководства и иные методические документы, разработанные ГВП, ВОЗ, ЕЭК ООН и другими международными организациями.
3. Оценить риски при внедрении новых систем управления качеством воды, присущие современному состоянию систем управления и экономик в странах ВЕКЦА.
4. Провести анализ функций и полномочий всех заинтересованных сторон по вопросам качества воды в странах ВЕКЦА. Изучить мировой опыт разграничения полномочий и функций институтов в области управления качеством водных ресурсов. Провести анализ соотношения допустимой версификации и унификации отдельных институтов управления качеством водных ресурсов, удовлетворяющей как национальным особенностям управления, так и потребностям трансграничного сотрудничества в ВЕКЦА.
5. Разработать формат обмена информацией по вопросам качества воды между странами ВЕКЦА и ЕС.

6. Создать информационный банк (текстовый, в дальнейшем – на основе ГИС) и механизм обмена информацией по реформированию систем управления качеством воды.

#### 2-й этап

7. Разработать модельную концепцию управления качеством воды в странах ВЕКЦА, включающую:

- Рекомендации по нормированию загрязнений в соответствии с выбранной концепцией управления качеством воды в бассейнах.
- Оптимальную организационную схему/схемы управления качеством воды в странах и разграничение ответственности государственных органов, включая трансграничные аспекты.

8. Разработать и внедрить программы по обучению, повышению квалификации в области управления качеством воды.

9. Содействовать участию общественности и вовлечению в процесс реформирования систем управления качеством водных ресурсов.

#### 3-й этап

10. Разработать пакет модельных методических и инструктивных документов по управлению качеством воды, включая, но не ограничиваясь:

- Каталоги наилучших доступных технологий по очистке сточных вод (технологическую часть).
- Методические рекомендации по применению принципов и методических подходов ЕС в управлении качеством водных ресурсов на примере национального и трансграничного пилотных бассейнов, включая методологию биоскрининга водных объектов и биотестирования сточных вод.
- Рекомендации по гармонизации национальных нормативных документов с требованиями трансграничных конвенций ЕЭК ООН, субрегиональными и региональными соглашениями, с законодательством ЕС.
- Рекомендации по реформированию смежных инструментов и процедур управления охраной окружающей среды в согласовании с системой управления качеством водных ресурсов.
- Рекомендации по оптимизации экономического механизма инвестиций в очистные технологии.
- Рекомендации по использованию системы ISO 14000 для управления качеством воды. Приветствовать предложение Института водных проблем РАН и SwedEnviro для развития и внедрения таких систем в ЦА и Кавказе.
- Методические рекомендации по разработке и реализации программ экологического мониторинга водных бассейнов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж. Методические рекомендации по проведению комплексных исследований и оценке загрязнения природной среды в районах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию. – Алматы: Казгидромет, 2001. – 80 с.
2. Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж., Базарбаев С.К. Современное состояние загрязнения основных водотоков Казахстана ионами тяжелых металлов. – Алматы: Каганат, 2002. – 256 с.
3. Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж., Базарбаев С.К. Биогенные вещества в основных водотоках Казахстана. – Алматы: Каганат, 2003. – 723 с.

Региональный экологический Центр Центральной Азии

СУЛАРДЫҰ САПАСЫНЫҰ НОРМАТИВТИ-СҰСЫСТЫС СҰРАСТАРЫ  
Ж...НЕ ОРТА АЗИЯДА СУДЫ СОЛДАНУДА ЭКОЛОГИЯЛЫС  
ТАЛАПТАР ТУРАЛЫ (ОААЭО семинарыныҰ материалдары бойынша)

Техн. Җылымд. докторы  
Техн. Җылымд. канд.

М.Ж. БҮрлібаев  
Б.К. Есекин

*Мајалада ОААЭО-пен ғыымдастырылған жер беті сулары-  
ныҰ сапасыныҰ нормативті-жіјыјтыј м., селелері туралы халыјара-  
лыј семинардыҰ талјылауларыныҰ н., тижелері келтірілген.*

УДК 626.87

**ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР СИСТЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ  
МОДЕЛЕЙ РАСЧЕТНОГО МОНИТОРИНГА ПРИРОДНО-  
ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Доктор техн. наук	Ж.С. Мустафаев
Канд. техн. наук	А.Д. Рябцев
Канд. техн. наук	А.А. Сагаев
	Г. Султанова
	Г.А. Адильбектеги
	К.Ж. Мустафаев

*В статье представлены структурный блок наблюдательно-расчетного мониторинга природной системы для принятия управленческих решений в сфере использования природных ресурсов. Приведены принципы, обоснование и выбор систем математических моделей расчетного мониторинга природно-технической системы, характеризующие изменение состояния параметров среды обитания человек в результате антропогенной деятельности.*

Проведение систематических наблюдений за природными процессами и явлениями дало человечеству возможность прогнозировать и предсказывать состояние окружающей среды. В сфере жизнедеятельности человека различные виды и методы наблюдений, как способ познания природного процесса, основанный на относительно делительном, целенаправленном восприятии предметов и явлений окружающей действительности, являются практической их деятельностью, передающиеся от поколения к поколению. Об этом свидетельствуют блестящие образцы организации наблюдений за природной средой, описанные еще в первом веке нашей эры в «Естественной истории» Гая Секунда Плиния (старшего). Этот труд состоит из тридцати семи томов, содержащих сведения по астрономии, физике, географии, зоологии, ботанике, сельскому хозяйству, медицине, истории, являющихся наиболее полной энциклопедией знаний до эпохи средневековья. Актуальность систематических наблюдений за природными процессами и явлениями очень велика, так как процесс познания их ритмичности изменений дал возможность наблюдательному человеку с очень высокой точностью и достоверностью предсказывать ожидаемые природные явления.

В 20 веке, когда при интенсивном использовании природных ресурсов, возникла необходимость в наблюдениях за природными процессами и явлениями ввели термин мониторинг – система повторных целенаправленных наблюдений за одним или более элементами окружающей природной среды в пространственном и временном масштабе. Эти систематические наблюдения служат для принятия управленческих решений в сфере использования природных ресурсов человеческой деятельности и в том числе при использовании водных и земельных ресурсов в речных бассейнах.

В настоящее время в сфере природопользования большое прикладное значение имеет геофизический, биологический и экологический мониторинг, который с одной стороны обеспечивает наблюдения за состоянием биосферы, оценкой и прогнозом состояния, вызванного антропогенным воздействием, с другой стороны – степень воздействия с выявлением антропогенных эффектов, выявление источников и факторов воздействия [6, 8].

Геофизический мониторинг – наблюдения, контроль и прогноз возможных изменений биосферы, который состоит из двух блоков:

- метеорологического мониторинга – наблюдения за состоянием температуры и влажностью воздуха, скоростью и направлением ветра, солнечной радиацией, атмосферным давлением, количеством и продолжительностью атмосферных осадков, количеством и высотой облачности, атмосферными явлениями;
- гидрологического мониторинга – наблюдения за изменением уровня воды в реках и озерах, расходами воды в реках, объемами притока воды, сроком замерзания и вскрытия рек и озер, прохождением весенних, дождевых, селевых паводков.

Биологический мониторинг – наблюдения за состоянием биосферы с помощью биологических индикаторов, который состоит так же из двух блоков:

- биологический – наблюдения за состоянием среды и ее влиянием на живые организмы;
- санитарно-гигиенический – слежение за состоянием окружающей человека природной среды и предупреждение о создавшихся критических ситуациях, вредных и опасных для здоровья людей.

Экологический мониторинг – информационная система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов, который состоит из трех блоков:

- биоэкологический – наблюдения за состоянием окружающей природной среды с точки зрения воздействия ее на человека и население;
- геоэкологический – наблюдения за изменением главных геосистем и преобразованием природных экосистем в природно-технические;
- социальный мониторинг – наблюдения за изменением развития общества, и его жизнедеятельности, и благосостоянием.

В соответствии с приведенными определениями и возложенными на систему функциями мониторинг включает три основных направления деятельности:

- наблюдения за факторами воздействия и состоянием среды;
- оценку фактического состояния среды;
- прогноз состояния окружающей природной среды и оценку прогнозируемого состояния.

При этом достоверность и надежность мониторинга состояния окружающей природной среды во многом зависит от качества и количества наблюдений, факторов природного процесса, характеризующих состояние окружающей среды и среды обитания человека.

Многие параметры, входящие в системы геофизического, биологического и экологического мониторинга, характеризующие природные процессы, трудно измеримы. Поэтому параметры, характеризующие состояния окружающей среды могут быть получены в результате прямых наблюдений, а некоторые вычислены через величины, полученные на основе массовых измерений (рис. 1).

В этом случае, понятие мониторинга расширяется, так как происходит не только измерение базовых параметров, но и прогноз параметров, измерение которых затруднено или невозможно [5]. Расчетный мониторинг, который осуществляется с помощью интегральных критериев, характеризующих изменений состояний параметров среды обитания человека, легко сопрягается с системой постоянных наблюдений, главное назначение которых – получение характеристик состояния природной системы. Процедура выполнения расчетного геофизического, биологического и экологического мониторинга представлена на блок-схеме (рис. 2).

Для выполнения расчетного мониторинга необходимы интегральные показатели, которые характеризовали бы изменения отдельных компонентов ландшафтов в условиях антропогенной деятельности и связь между ними. Интегральные показатели должны отражать влияние антропогенной деятельности на изменения природно-ресурсного потенциала природной

системы. Любая антропогенная деятельность, направленная на регулирование гидротермического режима агроландшафтов приводит к изменению в ту или иную сторону материального и энергетического балансов ландшафтов, связанному с дополнительным поступлением и отчуждением вещества и энергии. В результате в природной системе изменяются направленность и интенсивность геологического и биологического круговоротов воды и химических веществ, что способствует формированию компонентов природной системы с новыми свойствами, отличающихся от природной.



Рис. 1. Блок-схема мониторинга природно-техногенной системы.

В настоящее время достаточно полно разработаны математические модели отдельных природных и природно-техногенных процессов природной среды.

Для проведения расчетного почвенно-экологического мониторинга агроландшафтов можно использовать гидротермический коэффициент («индекс сухости») –  $\bar{R} = R / LO_c$  по М.И. Будыко [2], характеризующий связь энергетического ( $R$  – радиационный баланс,  $\text{кДж}/\text{см}^2$ ) и водного баланса ( $L$  – скрытая теплота парообразования,  $\text{кДж}/\text{см}^3$  в год;  $O_c$  – атмосферные осадки, мм) природной системы.



Рис. 2. Блок-схема расчетного мониторинга природно-техногенной системы.

Важные свойства «индекса сухости» ( $\bar{R}$ ) – его тесная связь с основными свойствами зональных почв, почвенно-биологическими, гидрогеологическими, гидрогеохимическими процессами и с антропогенной деятельностью [1, 10, 14]. Таким образом, если в результате мелиорации сельскохозяйственных земель изменяется гидротермический режим ( $\bar{R}$ ) в пределах ландшафта, то по этим изменениям можно судить о направленности и интенсивности природных процессов, изменении состояния отдельных компонентов и ландшафта в целом:  $\bar{R}_o = R_o / [L(O_c + O_p \pm g)]$ , где  $\bar{R}_o$  – гидротермический коэффициент в условиях мелиорации;  $R_o$  – радиационный баланс, измененный в результате мелиорации, кДж/см<sup>2</sup>;  $O_p$  – дополнительные поступления воды в результате осуществления ком-

плексной мелиорации, мм;  $g$  – влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, мм.

Для оценки уровня техногенных нагрузок ландшафтов в результате антропогенной деятельности (мелиорации) можно использовать интегральный показатель – экологическая трансформация водного баланса ландшафта  $\mathcal{E}_{\text{вб}}$  [7, 9]:

$$\mathcal{E}_{\text{вб}} = [\alpha_{pn}(I + T) + \alpha_e \cdot E_o \pm g + \underline{P} + \underline{Q}] / O_c,$$

где  $\underline{P}$  и  $\underline{Q}$  – отток поверхностных и подземных вод за пределы агроландшафта;  $\alpha_{pn}$  – доля растительного покрова в ландшафтах;  $\alpha_e$  – доля водных поверхностей в ландшафтах.

В качестве расчетного гидрогеологического мониторинга можно использовать интегральный показатель – интенсивность влагообмена между почвенными и грунтовыми водами [9]:  $\bar{g} = g / (O_c + O_p) = \exp(-1,5\bar{R})$  и подъема уровня грунтовых вод:  $\Delta H = (w \cdot t / \mu) \cdot F_w(\bar{t}, \bar{x})$ , где  $\Delta H$  – подъем уровня грунтовых вод, м;  $w$  – инфильтрационное питание, м/сут;  $t$  – время начала орошения, сут;  $\mu$  – недостаток насыщения почв и грунтов зоны аэрации, в долях от объема;  $F_w$  – функция, соответствующая геофильтрационным условиям;  $\bar{t} = (\alpha \cdot t) / I^2$ ;  $\alpha$  – проводимость пласта, м<sup>2</sup>/сут;  $\alpha = (K \cdot m) / \mu$ ;  $K$  и  $m$  – коэффициент фильтрации и мощность водоносного пласта;  $I$  – размер орошаемого участка (массива), м;  $\bar{x} = x / I$ .

Для расчета мелиоративного мониторинга агроландшафтов определяется интегральный показатель – эколого-мелиоративный потенциал ландшафта ( $\bar{M}$ ) [7]:

$$\bar{M} = \bar{A}_n / \bar{C}_n,$$

где  $\bar{A}_n$  – параметр, характеризующий работу, совершаемую жидкостью в процессе выпадения атмосферных осадков в системе «почва – грунтовые воды»;  $\bar{A}_n = O_c / [I(R/L) - (I-t)(R/L)(I-\bar{\Delta})]$ , здесь  $\bar{\Delta}$  – глубина уровня грунтовых вод;  $(I-t)$  – время действия инфильтрации ( $t = T/365$ ),  $T$  – продолжительность вегетационного периода.  $\bar{C}_n$  – параметр, характеризующий степень освобождения от легкорастворимых солей верхнего слоя почвы:  $\bar{C}^* = [C_o + (I-t)(R/L)(I-\bar{\Delta}) \cdot C_z / O_c] / C_{\text{дон}}$ , где:  $C_o$  – начальная концентрация почвенного раствора в почвенном слое;  $C_{\text{дон}}$  – допустимые

концентрации солей в почвенном растворе, которые соответствуют параметру незасоленных почв;  $C_2$  – концентрация солей в грунтовых водах.

Почвенно-энергетическая мониторинг ландшафтов связан еще с одним интегральным показателем, характеризующим природно-ресурсный потенциал – энергия, затрачиваемая на почвообразование [4]:

$$\bar{Q} = Q / R = \exp(-\alpha \cdot \bar{R}),$$

где  $Q$  – энергия, затрачиваемая на почвообразование, кДж/см<sup>2</sup>;  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы.

В качестве расчетного гидрогеохимическая мониторинга ландшафтов можно использовать – энергетический показатель эволюционной химической трансформации растворов ( $Q_{xi}$ ) [14], характеризующийся отношением молекулярной массы ( $M_m$ ) химического элемента к его электронной плотности ( $\mathcal{E}_n$ ), как гидротермический показатель ( $\bar{R}$ ), закономерно изменяющийся по ландшафтно-климатическим зонам:  $Q_{xi} = M_m / \mathcal{E}_n = \int(\bar{R})$ , а также энергетический показатель химической трансформации растворов по потенциалу ионизации ( $Q_{xi}^i$ ), которая определяется по формуле:  $Q_{xi}^i = Q_{xi} / \sum I_u$ , где  $I_u$  – потенциал ионизации, то есть энергия необходимая для отрыва электронов от атомов.

По величине «индекса сухости» ( $\bar{R}$ ), определяется еще один интегральный показатель расчетного биоэнергетического мониторинга – экологическая продуктивность ландшафтов [11]:

$$\overline{ПОЗ}(\bar{R}) = \bar{S}(\bar{R}) \cdot \bar{\Pi}(\bar{R}),$$

где  $\bar{S}(\bar{R})$  – биологическая продуктивность растительности:

$$\bar{S}(\bar{R}) = Y_i / Y_{max} = \exp\left[-(1/2\nu)(\bar{R} - \bar{R}_{opt})^2\right]; \bar{\Pi}(\bar{R})$$
 – биологическая про-

$$\text{дуктивность почвы: } \bar{\Pi}(\bar{R}) = \Pi_i / \Pi_{max} = \exp\left[-(1/2\nu)(\bar{R} - \bar{R}_{opt})^2\right]; \nu$$
 – эф-

фективный коэффициент саморегулирования;  $\bar{R}_{opt}$  – оптимальные значения «индекса сухости», обеспечивающие природно-ресурсный потенциал почвообразовательного процесса.

Для расчета гидрологического мониторинга можно использовать показатель использования водных ресурсов речных бассейнов ( $K_w$ ):

$$K_w = W_b / W_o,$$

где  $W_b$  – объем водозабора из реки;  $W_o$  – объем годового стока реки.

В качестве математической модели расчетного экологического мониторинга можно использовать интегральные показатели [15]:

- экологическое состояние территории:

$$\bar{\mathcal{E}}_k = 1 - \exp[-(\alpha_3 \cdot \bar{g} + p \cdot \bar{\Delta})],$$

где  $\alpha_3$  – коэффициент, характеризующий вид загрязнения (ядохимикаты, нитраты и т.д.);  $p$  – параметр, характеризующий глубину залегания грунтовых вод;  $\bar{\Delta} = \Delta/5$  – уровень грунтовых вод);

- ухудшения экологической обстановки ( $\Delta \bar{\mathcal{E}}^{n+1}$ ) территории ниже по течению реки, которое предлагается оценивать по следующей формуле:

$$\Delta \bar{\mathcal{E}}^{n+1} \approx 1 - \exp(-q_\phi^n \cdot C_{\partial p}^n \cdot V_{\partial p}^{n-n+1}),$$

где  $q_\phi^n$  – фильтрационные потери из оросительной сети;  $C_{\partial p}^n$  – минерализация дренажного стока, г/дм<sup>3</sup>;  $V_{\partial p}^{n-n+1}$  – доля объема транзитных вод, сбрасываемых в реку из сечения  $n$  в сечение  $n+1$ .

Для расчета социального мониторинга могут быть использованы следующие интегральные критерии, характеризующие благополучие населения в условиях антропогенной деятельности [13]:

- индекс человеческого развития:  $ИЧР = (X_i - X_{min}) / (X_{max} - X_{min})$ , где  $X_i$ ,  $X_{min}$  и  $X_{max}$  – соответственно фактическое, минимальное и максимальное значение продолжительность жизни, грамотность среди взрослого населения (15 лет и старше, %), совокупная доля учащихся в возрасте 5...24 лет (%), реальный ВВП на душу населения, в долларах США (по паритету покупательной способности);

- индекс дохода:

$$ИД = (\log 10X_i - \log 10X_{min}) / (\log 10X_{max} - \log 10X_{min});$$

- индекс бедности населения:

$$ИБН = [0,25(P_1^3 + P_2^3 + P_3^3 + P_4^3)]^{1/3},$$

где  $P_1$  – процентная доля населения, не доживающего до 60 лет;  $P_2$  – процентная доля 16-летней молодежи, не охваченной обучением;  $P_3$  – процентная доля населения, имеющего уровень потребления ниже прожиточного минимума;  $P_4$  – уровень безработицы в %.

Качество поверхностных вод, в мониторинге оценивается по величине комплексного индекса загрязненности вод (*КИЗВ*) для каждой группы [3]:

$$КИЗВ_j = \left( \sum_{i=1}^n \frac{C_{ij}}{ПДК_{ij}} \right) / n,$$

где *КИЗВ<sub>j</sub>* – комплексный индекс загрязненности вод по *j*-ой группы;  
*C<sub>ij</sub>* – концентрация *i*-того ингредиента из *j*-ой группы; *ПДК<sub>ij</sub>* – предельно-допустимая концентрация *i*-того ингредиента, соответствующая *C<sub>ij</sub>*; *n* – количество показателей.

Количество показателей (*n*), характеризующих общее загрязнения водного потока необходимо оценивать по отдельным группам элементов, предварительно объединенных по идентичности, как генетическое происхождение, химическое строение, применение, одинаковость влияния и токсичность [3], т.е.

- главные ионы (*Ca, Mg, ∑(Na + K), HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl*);
- биогенные элементы (*NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, P<sub>общ</sub>, фосфаты, Si*);
- тяжелые металлы (*Cu, Mg, Pb, Cd, Cr<sup>3</sup>, Cr<sup>6</sup>, Mn, Hg, Hg<sup>2</sup>, Ni, Co, Sn, Bi, Mo, Fe<sup>2</sup>, Fe<sup>3</sup>*);
- ядовитые вещества (*CN, SCN, F, H<sub>2</sub>S, AS, нитробензол и другие*);
- органические вещества (*нефтепродукты, смолы, углеводы, жиры, фенолы, СПАВ и другие*).
- хлорорганические пестициды (*ДДТ, ДДД, ДДЭ, ГХЦГ, севин, ялан, дикофол, гексахлорбензол и другие*).

Для расчета экономического мониторинга можно использовать коэффициент экономической устойчивости природно-технического комплекса (*K<sub>э</sub>*), характеризующий максимально-допустимый уровень использования природных ресурсов [9]:

$$K_э = \frac{Z_n \left[ (\bar{P}_n - P_n(x)) - P_u(x) \right] - Z(x)}{Z_n (\bar{P}_n - P_n(x))},$$

где *Z<sub>n</sub>( $\bar{P}_n$ )* – общая прибыль природно-технического комплекса;  
*Z<sub>n</sub>(*P<sub>n</sub>(*x*)*)* – прибыль природного комплекса в естественных условиях;  
*P<sub>u</sub>(*x*)* – общие затраты для выпуска продукции; *Z(*x*)* – ущерб.

Для определения ущерба (*Z(*x*)*), нанесенного природной системе в результате отрицательного воздействия антропогенной деятельности, раз-

работана методика его оценки, включая экологический, социально-экономический и социальный ущербы [9]:

$$Z(x) = Z_3(\bar{P}_3 - P_3(x)) + Z_{\text{эк}}(\bar{P}_{\text{эк}} - P_{\text{эк}}(x)) + Z_c(\bar{P}_c - P_c(x)),$$

где  $Z_3(\bar{P}_3)$  – экономический ущерб от ухудшения качественных параметров природно-технической системы;  $Z_3(P_3(x))$  – затраты, необходимые для качественного улучшения параметров природной среды;  $Z_{\text{эк}}(\bar{P}_{\text{эк}})$  – экологический ущерб от ухудшения качественных параметров природно-технической системы;  $Z_{\text{эк}}(P_{\text{эк}}(x))$  – 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;

Оценку экологической устойчивости природной системы можно представить в следующем виде [12]:

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

где  $k_i$  – коэффициент значимости компонентов природной среды, то есть  $k_i = k_g + k_3 + k_p + k_a + k_{\text{жс}} = 1,0$  (где, соответственно, коэффициент значимости водных и земельных ресурсов, растительного мира, атмосферы, животных);  $k$  – параметр идентификации;  $X_{\text{opt}}$  – оптимальный уровень использования природных ресурсов;  $X_{\text{кр}}$  – критический уровень использования природных ресурсов, начиная с которого происходит экологическая деградация природной системы;  $X_i$  – фактическая уровень использования природных ресурсов.

Таким образом, система расчетного мониторинга может служить инструментом для принятия управленческих решений по использованию водных и земельных ресурсов, а также выполнить исследование ряда возможных ситуаций при антропогенной деятельности человека.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.
2. Будыко М.И. Глобальная экология. – М.: Мысль, 1977. – 327 с.

3. Бурлибаев М.Ж. Теоретические основы устойчивости экосистем трансзональных рек Казахстана // Автореф. дис. ... доктор техн. наук. – Тараз, 2004. – 48 с.
4. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 120 с.
5. Голованов А.И., Шабанов В.В. Система математических моделей расчетного мониторинга мелиорируемых земель // Мелиорация и водное хозяйство, 2004. – №4. – С. 46-48.
6. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеоиздат, 1974. – 560 с.
7. Крейчева Л.В., Белова И.В. Значение комплексных мелиораций для формирования продуктивного и устойчивого агроландшафта // Мелиорация и водное хозяйство, 2004. – №4. – С. 44-46.
8. Мониторинг состояния окружающей природной среды // Труды 1 советско-английского симпозиума. - Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 263 с.
9. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. – Тараз, 2004. – 306 с.
10. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане. – Алматы, «Гылым», 1997. – 358 с.
11. Мустафаев Ж.С., Адильбектеги Г.А., Сейдуалиев М.А. Экологическая оценка продуктивности ландшафтов бассейна реки Шу (Аналитический обзор). – Тараз, 2004. – 80 с.
12. Мустафаев К.Ж. Оценка устойчивости природной системы как среды обитания человека // Гидрометеорология и экология, 2003. – №3. – С. 97-110.
13. Отчет о человеческом развитии. Казахстан 2003. – Алматы, 2003. – 123 с.
14. Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1995. – 358 с.
15. Хачатурьян В.Х., Айдаров И.П. Концепция улучшения экологической и мелиоративной ситуации в бассейне Аральского моря // Мелиорация и водное хозяйство, 1990. – №12. – С. 5-12; 1991. – №1. – С. 2-9.

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати  
Комитет по водным ресурсам МСХ РК  
Кызылординский государственный университет имени Коркыт-Ата  
Таразский государственный педагогический институт  
Научно-исследовательский институт водного хозяйства

**ТАБИҒИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ ЕСЕПТЕЛЕТІН  
МОНИТОРИНГАСЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ БЕЙНЕЛІК ЖҮЙЕСІН  
ТАҢДАУ ЖӘНЕ НЕГІЗДЕУ**

Техн. ғылымд. докторы	Ж.С. Мұстафаев
Техн. ғылымд. канд.	А.Д. Рябцев
Техн. ғылымд. канд.	А.А. Сагаев
	Г. Сұлтанова
	Г.Ә. Әдильбектегі
	К.Ж. Мұстафаев

*Табиғи қорды пайдалану саласындағы шешім қабылдауға арналған табиғи жүйенің бақылау және есептеуге арналған мониторингасының құрамдық бөлімі берілген. Табиғи-техникалық қысымның нәтежесі бойынша адамзаттың өмір сүретін ортасының өзгеру жағдайын мінездейтін, табиғи-техникалық жүйенің есептелетін мониторингасының математикалық бейнелік жүйесін таңдау және негіздеу мәселесі қарастырылған.*

УДК 551.577.53'62 (574)

**РАНЖИРОВАНИЕ ОБЛАСТЕЙ КАЗАХСТАНА ПО  
ИНТЕНСИВНОСТИ ОПУСТЫНИВАНИЯ МЕТОДОМ  
ПОСТРОЕНИЯ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ**

Канд. техн. наук	Л.М. Павличенко
Канд. геогр. наук	Е.А. Таланов
Доктор геогр. наук	Ж.Д. Достай
Доктор геогр. наук	А.В. Чигаркин

*Показана возможность использования метода построения целевой функции для зонирования территории Казахстана по интенсивности проявлений процесса опустынивания и оценки их динамики на основе анализа эколого-экономических данных.*

В международных документах, рассматривающих проблемы опустынивания, указывается до 47 причин деградации земель и ставится задача приостановления и предотвращения процесса опустынивания [7, 9]. В Казахстане решение этой задачи предусматривается путем реализации комплекса мероприятий, направленных на борьбу с деградацией земель, диверсификации землепользования, сохранения и восстановления биологического разнообразия и повышения продуктивности почв для достижения целей устойчивого развития в части повышения уровня благосостояния людей и стабилизации состояния окружающей среды [6, 8].

С целью адресной реализации мероприятий в сфере воспроизводства ресурсов и устойчивого развития в условиях рыночной экономики в период практически полного отсутствия мониторинга процессов опустынивания необходимо привлекать всю имеющуюся информацию, прямо или косвенно отражающую экологические, социальные и экономические последствия опустынивания. Наиболее доступный материал по всем этим аспектам дают данные ежегодной статистической отчетности в разрезе областей. В работе авторов [14] приводится обоснование выбора наиболее значимых параметров, отражающих последствия опустынивания, численные значения которых брались из справочников и ежегодников. Среди них: 1 – *вероятность (%)* атмосферных засух с различной интенсивностью по показателю увлажнения Г.Т. Селянина в период июль-август [4] – обозначим эту величину  $f_1$ ; 2 – *вероятность (%)* лет с очень (или слабо) интенсивным суховеем в первую декаду июля [4] –  $f_2$ ; 3 – *доля площади*

пахотных угодий в регионе, % [11] –  $f_3$ ; 4 – *относительная урожайность* яровой пшеницы с учетом временного тренда, % [15] –  $f_4$ ; 5 – *уровень рентабельности (убыточности)* сельскохозяйственных предприятий от реализации продукции растениеводства, % [11] –  $f_5$ ; 6 – *уровень рентабельности (убыточности)* сельскохозяйственных предприятий от реализации продукции животноводства, % [11] –  $f_6$ ; 7 – *доля площади, удобренной органическими и минеральными удобрениями*, пахотных земель, % [13] –  $f_7$ ; 8 – *коэффициент напряженности по эродированности почв сельскохозяйственных угодий*, доли единицы [12] –  $f_8$ ; 9 – *коэффициент напряженности по эродированности почв пахотных угодий*, доли единицы [12] –  $f_9$ ; 10 – *лесистость* региона, % [12] –  $f_{10}$ .

В соответствии с проведенной экспертной оценкой и зонированием территории РК на основе классификации в [14] наиболее напряженные условия для формирования урожая для засушливого 1995 года были в Южно-Казахстанской, Жамбылской, Алматинской, Атырауской, Мангистауской и Павлодарской областях, где влияние процесса опустынивания проявилось наиболее сильно (средняя величина показателя более и равна 3 – четвертый класс выше нормы). Выделение классов здесь осуществлялось на основе расчетов средних значений комплексных показателей для областей, а границы классов – путем расчета дисперсии этих показателей на 1995. Как и любая экспертная оценка, полученная в [14] схема зонирования является в определенной мере субъективной, тем более, что выделение классов строится на дисперсии выборки, а не генеральной совокупности. Именно поэтому была предпринята попытка построения подобной комплексной оценки на основе метода целевой функции, главной особенностью которого является построение частных оценочных шкал для всех используемых параметров на основе независимых исследований всего возможного диапазона изменений параметров. Остановимся кратко на методике построения этой функции.

Классическая оценка *состояния* природных систем выполняется на основе сравнения с эталонными системами и возможна на измерении степени превышений количественных значений экологических факторов. В качестве эталонов оптимального состояния природной среды чаще всего выступают разнообразные нормативы. При оценке же *воздействия* экологических факторов на *состояние* природной среды должны учитываться взаимосвязи воздействующих факторов с ответной реакцией геосистем на это воздействие. Здесь возникает проблема фиксации порогового зна-

чения реакции биотической составляющей, когда воздействие экологического фактора становится негативным. Чаще всего в качестве пороговых значений принимают значения ПДВ и ПДС, превышение которых ведет к нарушению ПДК соответствующих загрязнителей в воздухе, почве, подземных и поверхностных водах.

Поскольку для каждого живого организма существует экологическая ниша оптимальных условий среды, вполне естественным является факт существования оптимального диапазона значений для каждого воздействующего фактора, при этом негативными окажутся отклонения, как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения от оптимальных условий. Именно поэтому одним из ключевых моментов при оценке воздействия является разработка шкал частных оценок, в процессе составления которой необходимо привести в соответствие две группы показателей, одна из которых характеризует состояние экологического фактора, другая – состояние биотической составляющей геоэкологической системы. Логика оценивания приводится в [1] и выглядит следующим образом: изучение фактора и его показателей, сбор информации об экологических связях и выявление ответных реакций биотической составляющей, выбор критериев и разработка частных оценочных шкал, оценка воздействия фактора и установление пространственного варьирования, которое может быть вынесено на отдельные карты.

Итак, проблема оценки воздействия конкретного экологического фактора сводится к выбору набора параметров, наиболее объективно характеризующих этот фактор, и построению оценочной шкалы. При комплексной оценке необходимо учитывать не только интенсивность воздействия каждого экологического фактора, но и его роль в формировании благоприятных или негативных условий существования биосистем. Самую простую возможность такой комплексной оценки дает линейная целевая функция [3, 10, 17]:

$$\Sigma_{\text{возд.}} = a_1 \cdot f_1 + a_2 \cdot f_2 + \dots + a_n \cdot f_n,$$

где  $f_i$  – значение конкретного экологического фактора ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) в точке наблюдения;  $a_i$  – весовой коэффициент, учитывающий направленность (знаком плюс или минус) и значимость (вес) этого фактора в формировании суммарного уровня воздействия.

Для удобства использования этой функции весовые коэффициенты обычно нормируют по сумме их абсолютных значений на 100, 10 или 1. Чтобы не иметь дела с большими числами, примем последний способ. В этом случае средняя нагрузка на параметр составит 0,1. Увеличение

нагрузки выше этой величины показывает повышенную роль фактора, описываемого соответствующим параметром, в формировании общей ситуации с опустыниванием. С точки зрения направленности воздействия, для оценки интенсивности негативного процесса (опустынивание) положительные знаки нагрузок должны быть для 1, 2, 3, 8 и 9 параметров.

Поскольку в приведенном уравнении не учитываются эффекты взаимодействия факторов влияния, точность оценки будет возрастать при увеличении их числа. Методы инженерной экологии (в частности, при построении главной экологической таблицы) показывают, что удовлетворительным по точности является уже число факторов, равное пяти [3]. При выполнении оценок воздействия часто приходится сталкиваться с фактом отсутствия количественных данных по воздействующим экологическим факторам. В этом случае прибегают к методам экспертной оценки, обобщающим накопленный опыт по исследованию воздействий различных экологических факторов. Однако и в этом случае остаются проблемы выбора наиболее значимых факторов и разработки частных и интегральных шкал. Будем считать, что выбор наиболее значимых факторов уже обоснован в [14], поэтому рассмотрим следующий основной этап построения целевой функции – разработку частных и интегральной шкал. Остановимся сначала на частных оценках, исходя из предпосылки выделения четырех классов по всему диапазону изменений параметров.

Параметры 1 и 2 должны иметь линейные шкалы частных экологических оценок, так как характеризуют негативные процессы, для которых оптимальных значений нет, а максимальные и минимальные значения совпадают и равны 100 % и нулю соответственно. При 10-балльной оценке, приходящейся на весь диапазон вероятности (100 %) засушливых явлений, цена 1 балла составит 10 %. Границы классов частных экологических оценок: 1 класс – от 0 до 2,5 баллов включает вероятности атмосферных и почвенных засух в диапазоне от 0 до 25 %; 2 класс – от 2,5 до 5 баллов – вероятности засух от 25 до 50 %; 3 класс – от 5 до 7,5 баллов – вероятности засух от 50 до 75 %; 4 класс – от 7,5 до 10 баллов – вероятности засух от 75 до 100 %.

Параметр 3 (распаханность), с точки зрения развития процессов деградации геоэкосистем, тоже должен иметь линейную шкалу, так как отражает прямое антропогенное воздействие. Однако из литературных источников известно [2], что 40 % распаханности территории является верхним пределом, при котором еще возможно самовосстановление экосистем. Превышение этого предела вызывает негативные последствия. Таким образом,

величине 40 % распаханности можно присвоить ноль баллов негативного воздействия. По мере увеличения распаханности оно будет возрастать, скорее всего, по экспоненциальному закону, приближаясь к «зоне насыщения» – 100 %. С другой стороны, уменьшение антропогенного воздействия приводит к увеличению возможностей самовосстановления геозкосистем, рост которых вызывает позитивные сдвиги, выражающиеся в уменьшении степени деградации. Следовательно, диапазону распаханности от 0 до 40 % мы должны присвоить отрицательные величины баллов – от минус 10 до 0. Вид кривой, отражающей рост способности самовосстановления геозкосистем, также будет иметь асимптоту, но уже при минус 10 баллах.

Поскольку в литературе пока нет формализованного описания количественных соотношений между степенью деградации экосистем и величиной распаханности, аппроксимируем кривую отрезками прямой линии. Фактически мы будем иметь сплайн из двух отрезков с разным наклоном. В этом случае цена одного балла негативного воздействия окажется равной 6 % (60 %/10), а позитивного – минус 4 %. Итак, для построения оценочной шкалы антропогенного воздействия, провоцирующего опустынивание, мы имеем пока три точки: 10 баллов неблагоприятности имеет величина распаханности, равная 100 %; минус 10 баллов неблагоприятности имеет величина распаханности, равная 0 %. Нулевой балл присваивается предельной возможной величине распаханности – 40 %. Границы классов частной экологической оценки: 1 класс – от минус 10 до минус 5 баллов включает величины распаханности территории в диапазоне от 0 до 20 %; 2 класс – от минус 5 до 0 баллов, что соответствует распаханности территории от 20 до 40 %; 3 класс – от 0 до 5 баллов, а площади распаханности от 40 до 70 %; 4 класс – от 5 до 10 баллов для распаханности территории в пределах от 70 до 100 %.

Параметр 4 – урожайность яровой пшеницы 1995 г., отнесенная к временному тренду изменения исходных данных, обусловленного агротехническими мероприятиями («культурой земледелия»). Шкала может быть линейной, т.к. повышение урожайности в неблагоприятный по климатическим условиям год демонстрирует высокий уровень (рациональность) агротехнических мероприятий, а снижение урожайности – недостаточный их уровень. Независимые оценки по изучению влияния засух на уменьшение урожайности можно найти в [15, 16]. Так, при агрономическом подходе о засухе судят по снижению урожая зерновых культур, обычно на 20...25 %. В благоприятные годы в северных и западных районах Казахстана урожай

яровой пшеницы могут достигать 15...18 ц/га. Сильные засухи снижают их до 3 ц/га, а иногда даже ниже, при средних значениях 7...9 ц/га. В степной зоне при средней урожайности пастбищной растительности 4,5...6,0 ц/га сильные засухи понижают ее до 2 ц/га и менее. В пустынной зоне в годы сильной засухи урожайность трав падает до величин 0,5...1,0 ц/га. Так, на полынных пастбищах с бурыми супесчаными почвами повторяемость неурожайных лет (урожайность естественных кормовых угодий 1,5...2,0 ц/га) составляет 50...60 %, средних по биопродуктивности (около 4 ц/га) – 30 % и урожайных (5,0...5,5 ц/га) – около 15...20 % [5].

Таким образом, максимальная урожайность составляет приблизительно утроенное среднее значение, а минимальная –  $\sim 1/3$  его часть и менее. В нашем случае диапазон значений в сторону уменьшения шире – для Атырауской и Мангистауской областей в 1995 г. урожайность составила 0,1 трендового. Следовательно, за абсолютный минимум можно принять нулевую урожайность, в этом случае диапазоны уменьшения и увеличения урожайности от трендовых значений окажутся разными. Нашей конечной задачей является интегральная оценка негативного процесса (опустынивания), поэтому увеличение номера класса должно соответствовать росту интенсивности его проявления. Позитивные факторы уменьшают проявление опустынивания, что в интегральной оценке учитывается знаком вехового вклада соответствующего параметра. Однако чем интенсивнее проявление позитивных факторов, тем значимее должно быть их влияние на уменьшение опустынивания. Четвертый класс опустынивания в нашем случае определяет максимальную степень его проявления, которая сложится при отсутствии или минимальном проявлении позитивных факторов. Следовательно, нумерация классов для них должна быть обратной.

В случае позитивных факторов границами классов их частных экологических оценок будут следующие: 1 класс – от 10 до 8 баллов включает изменение урожайности от тройного до 1,3 трендового его значения; 2 класс – от 8 до 5 баллов – урожайность в диапазоне от 1,3 до трендового значения; 3 класс – от 5 до 2 баллов – урожайность в диапазоне от трендового до 0,7 его значения; 4 класс – от 2 до 0 баллов – урожайность от 0,7 трендового значения до 0. Для 1 класса цена одного балла составляет 0,85 (85 %) трендового значения, а для 2 и 3 классов – 0,10 (10 %) и для 4 класса – 0,35 (35 %).

Рассматриваемые параметры 5, 6 и 7 отражают уровни рентабельности (убыточности) растениеводства и животноводства, а также удельный вес посевных площадей, на которых применялись минеральные и ор-

ганические удобрения. Факторы позитивные, поскольку увеличение рентабельности требует принятия мер по уменьшению деградации геозкосистем, а применение удобрений как раз и является такой мерой. Шкалы линейные, если максимальную рентабельность и максимальную удельную площадь принять за 100 %, цена 1 балла составит 10 %. Нумерация классов обратная, как и в случае урожайности.

Параметры 8 и 9 – коэффициенты дигрессии сельхозугодий и пашни, отражающие процентную долю эродированных сельхозугодий в целом и отдельно пашни. Факторы негативные, являются наглядным проявлением процессов опустынивания. Независимые оценки в [2] показывают, что агросистемы являются устойчивыми в диапазоне изменений коэффициента дигрессии от 0 до 0,33 (1 класс, 0...2 балла), условно стабильными - в диапазоне от 0,33 до 1 (2 класс, 2...5 баллов), нестабильными в диапазоне от 1 до 2 (3 класс, 5...8 баллов) и абсолютно неустойчивы при значениях выше 2 (4 класс), когда деградированные поверхности в два раза превышают площади со стабильными элементами. Поэтому условно за верхнюю границу 4 класса (8...10 баллов) примем значение коэффициента дигрессии, равное 5. В таком случае цена одного балла для 1 класса составит 0,165; для 2 – 0,223; для 3 – 0,333; для 4 – 1,5.

Позитивный параметр 10 отражает процент площади, занятой лесами – хвойными, лиственными и саксауловыми. Как и параметр 3, он имеет предельную зону положительного влияния на процессы самовосстановления геозкосистем ~20...25 % от зонального его значения по территории (примем 20 %). В случае превышения этих величин, естественно, возрастает возможность самовосстановления геозкосистем [2], т.е. увеличивается позитивное воздействие этого фактора, способствующего сдерживанию опустынивания. Лесистость территории менее 20 % негативно сказывается на процессах самовосстановления (знак влияния изменяется). Шкалу строим по аналогии с параметром 3, учитывая сдвиг границ и обратную нумерацию классов, поскольку направленность воздействия позитивных факторов уже учитывается отрицательным знаком весовой нагрузки этих факторов в целевой функции.

Так, для построения оценочной шкалы природного воздействия, сдерживающего опустынивание, мы имеем три точки: минус 10 баллов позитивного воздействия (максимум неблагоприятности) при отсутствии леса (0 %); 10 баллов позитивного воздействия (минимум неблагоприятности) при полной лесистости территории (100 %); 0 баллов присваивает-

ся оптимально возможной величине позитивного воздействия при заlesenности территории 20 %. Границы классов частной экологической оценки: 1 класс – от 10 до 5 баллов включает величины лесистости района в диапазоне от 100 % до 60 %; 2 класс – от 5 до 0 баллов – величины лесистости от 60 до 20 %; 3 класс – от 0 до минус 5 баллов имеет площадь лесистости от 20 до 10 %; 4 класс – от минус 5 до минус 10 баллов – лесистости территории менее 10 %. Для 1 и 2 классов цена одного балла составляет 0,08 (8 %), а для 3 и 4 классов – 0,02 (2 %).

Для разработанных шкал с учетом знака и величины его нагрузки можно записать вид целевой функции (поскольку шкалы разрабатывались по полному диапазону, вид этой функции останется неизменным для любых проявлений засушливых явлений):

$$\Sigma_{возд.} = 0,15 \cdot f_1 + 0,15 \cdot f_2 + 0,10 \cdot f_3 - 0,04 \cdot f_4 - 0,02 \cdot f_5 - 0,02 \cdot f_6 - 0,02 \cdot f_7 + 0,15 \cdot f_8 + 0,20 \cdot f_9 - 0,15 \cdot f_{10}$$

В прилагаемой ниже таблице для 14 областей Казахстана приводятся исходные данные по выбранным параметрам за засушливый 1995 г. Результаты частных оценок определялись в соответствии с разработанными шкалами. Кроме того, в таблице отражены интегральные оценки (значения целевой функции), результаты классификации и ранжирования интенсивности суммарного проявления процессов опустынивания. Ранги устанавливались в порядке увеличения значений целевой функции для каждой области. Границы классов интегральной оценки определялись расчетным путем при подстановке граничных условий каждой частной оценки (параметра), они оказались следующими: нижняя граница 1 класса – минус 3,5; граница между 1 и 2 классами – минус 0,55; граница между 2 и 3 классами – 2,75; граница между 3 и 4 классами – 6,05; верхняя граница 4 класса – 9,0. Как видно в таблице (столбец 13), по шкалам с полным диапазоном значений параметров все области попали в два класса – 2 и 3, т.е. наблюдается некоторый сдвиг классов по сравнению с таковыми в [14], хотя общая тенденция в соотношении классов областей сохранилась. Так, в 3 класс по целевой функции попали области – Южно-Казахстанская, Мангистауская, Атырауская, Жамбылская, которые в работе [14] выделены в четвертый класс выше нормы (класс неблагоприятных условий). Распределение рангов этих областей составило соответственно – 14 (максимальный ранг), 13, 12, 11. Близкое к граничному значение целевой функции имеет еще и Кызылординская область с рангом 10, которая имела «переходное» интегральное значение в [14], так как для этой области 5 из 10 параметров попали в 4 класс. В отличие от [14] в 3 класс не выделились Алматинская область, имеющая ранг 9 и значение целевой функции 2,64 (граница класса – 2,75), и Павлодарская (ранг 8),

**РАНЖИРОВАНИЕ ОБЛАСТЕЙ КАЗАХСТАНА ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЙ ПРОЦЕССОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ**

Область	Вероятность засух за июль-август, % Сухой, ГТК до 0,2	Вероятность лет с очень интенсивным засуховым, %	Распаханность, %	Отклонение урожайности от тренда, %	Уровень рентабельности растениеводства, %	Уровень рентабельности животноводства, %	Удельный вес удобренных площадей минеральными и органическими удобрениями, %.	Коэффициент дигрессии. Смытые с/х угодья, б/р	Коэффициент дигрессии. Смытые пашни, б/р	Лесистость, %	Значение целевой функции		Номер класса	Ранг области по степени опустынивания	Значение целевой функции	Номер класса	Ранг области по степени опустынивания	Изменение значений целевой функции
											1995 г.	2002 г.						
Акмолинская	4	10	39,10	67	39,9	-27	0,060	0,060	0,083	1,20	1,503	2	4	2,468	2	12	0,964	
Актюбинская	41	16	3,83	18	21,8	-19,8	0	0,115	0,028	0,13	1,515	2	5	2,310	2	10	0,794	
Алматинская	66	60	6,979	56	3,4	-10,4	1,725	0,567	0,216	5,2	2,642	2	9	1,960	2	7	- 0,681	
Атырауская	75	78	0,07	10	-2,7	9,9	0	0,548	0	0,3	3,095	3	12	2,214	2	9	- 0,881	
В.-Казахстанская	23	0	4,44	117	21	-5,8	0	0,062	0,223	14,2	0,020	2	1	1,678	2	5	1,658	
Жамбылская	86	74	5,89	50	10	-13,5	0,422	0,552	0,266	10,7	2,778	3	11	1,057	2	1	- 1,721	
З.-Казахстанская	33	20	6,86	15	-35,3	-20,5	0	0,267	0,020	0,62	1,749	2	7	2,559	2	13	0,811	
Карагандинская	10	11	3,51	36	36,1	-11,5	0,239	0,032	0,081	0,24	0,842	2	2	2,046	2	8	1,204	

Область	Вероятность засух за июль-август, % Сухой, ГПК до 0.2		Вероятность лет с очень интенсивным суховеем, %	Распаханность, %	Отклонение урожайности от тренда, %	Уровень рентабельности растениеводства, %	Уровень рентабельности животноводства, %	Удельный вес удобренных площадей минеральными и органическими удобрениями, %.	Коэффициент депрессии. Смытые с/х угодья, б/р	Коэффициент депрессии. Смытые пашни, б/р	Лесистость, %	Значение целевой функции		Номер класса	Ранг области по степени опустынивания	Значение целевой функции	Номер класса	Ранг области по степени опустынивания	Изменение значений целевой функции
	1995 г.	2002 г.																	
Костанайская	4	16	49,20	49	43	-1,8	0	0,045	0,013	2,63	1,567	2	6	1,514	2	3	-	0,053	
Кызылординская	91	95	1,03	54	-5,1	-29,6	27,712	0,321	0	9,42	2,734	2	10	1,533	2	4	-	1,201	
Мангистауская	94	94	0,002	10	11,4	-5,7	0	0,138	0	0,65	3,353	3	13	1,897	2	6	-	1,456	
Павлодарская	3	10	28,00	54	-9,6	-16,8	0	0,155	1,729	2,38	2,268	2	8	3,302	3	14	-	1,034	
С.-Казахстанская	6	15	54,40	89	22,8	-25	0	0,006	0,008	8,44	1,315	2	3	2,315	2	11	-	1,000	
Ю.-Казахстанская	100	100	9,864	55	4,9	-10,5	7,294	0,685	0,568	12,6	3,583	3	14	1,204	2	2	-	2,379	

т.е. тоже «переходные» интегральные значения. Таким образом, результаты зонирования практически совпадают.

Аналогичные расчеты были проведены и по данным на 2002 год, отличающийся благополучными погодными условиями. Если характеризовать области только по классам, картина сложилась довольно благоприятная – все области, кроме Павлодарской, попали во 2 класс. Судя по столбцу 16 таблицы, благоприятные погодные условия улучшили положение в Южно-Казахстанской, Жамбылской, Мангистауской, Кызылординской, Атырауской и Алматинской областях. Поскольку этот год характеризуется засушливыми явлениями слабой интенсивности, логично было ожидать уменьшения проявлений процессов опустынивания, т.е. значения целевой функции должны были уменьшиться. Однако такой закономерности не наблюдается. Наоборот, большинство областей фактически находится на верхней границе 2 класса.

За последние семь лет максимальное ухудшение положения отмечается в Восточно-Казахстанской, Карагандинской, Павлодарской, Северо-Казахстанской областях (значения целевой функции увеличилось более чем на 1). Итак, целевая функция дает информацию об изменениях в ситуации с процессами опустынивания, т.е. позволяет даже по данным статистической отчетности осуществлять их комплексный мониторинг. Эта функция может оказаться полезной в принятии управленческих решений, так как позволяет рассчитать различные варианты управления факторами, которые вошли в эту функцию, и, в какой-то мере, наметить пути максимального улучшения эколого-экономической ситуации при колебаниях климатических характеристик.

Исследование выполнено в рамках проекта ПРООН/ГЭФ «Оценка национального потенциала Казахстана для выполнения обязательств по международным экологическим конвенциям» (NCSA – Kazakhstan).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авессаломова И.А. Экологическая оценка ландшафтов. – М.: МГУ, 1992. – 88 с.
2. Агрэкология /Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. –М.: Колос, 2000. –535 с.
3. Гмошинский В.Г. Инженерная экология. – М.: Знание, 1977. – 64 с.
4. Засушливые явления. Научно-прикладной справочник по агроклиматическим ресурсам РК. –Алматы, 1997. –346 с.

5. Мукашева Ж.Н. Региональная система мероприятий по экономической стабилизации природных систем (пастбищное использование)//Современные проблемы геоэкологии и созологии. Международная научно-практическая конференция 22-23 января. Алматы. 2001. С. 352-357
6. Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием Республики Казахстан. –Астана, 2002. –16 с.
7. Операционная программа по Организации Устойчивого землепользования (ОП №15). Глобальный Экологический Фонд. 5 июня 2003 г. –14 с.
8. Отраслевая программа по борьбе с опустыниванием в Республике Казахстан на 2005-2015 годы. –Астана, 2004. –24 с.
9. Программа действий: Повестка дня на 21 век и другие документы Конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. – Женева: Центр за наше общее будущее, 1993. –70 с.
10. Пэнгл Р. Методы системного анализа окружающей среды. – М.: Мир, 1979. – 215 с.
11. Регионы Казахстана, 2003. Статистический сборник. / Под ред. К.С. Абдиева. – Алматы. Агентство по статистике РК. 2003. – 496 с.
12. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2003 год. –Астана. 2004. –145 с.
13. Статистический ежегодник Казахстана 2003. –Алматы, 2003. –615 с.
14. Таланов Е.А., Достай Ж.Д., Павличенко Л.М., Чигаркин А.В. Зонирование территории Казахстана по интенсивности проявлений опустынивания на основе статистических эколого-экономических данных / Вестник КазНУ. Серия географическая. 2005. – № 1(20). – С. 74-80.
15. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. – СПб.: Гидрометеиздат, 1991. – 304 с.
16. Шамен А. Гидрометеорология и мониторинг природной среды Казахстана. – Алматы, Ғылым. 1996. – 295 с.
17. Экоинформатика: Теория. Практика. Методы и системы / Под ред. В.Е. Соколова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 495 с.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

**ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСТАРЫН ШӨЛДЕНУДІҢ ҚАРҚЫНДЫЛЫҒЫ  
БОЙЫНША МАҚСАТТЫҢ ФУНКЦИЯ ТҰРҒЫЗУ ӘДІСІМЕН ЖІКТЕУ  
(РАНЖИРЛЕУ)**

Техн. ғылымд. канд.	Л.М. Павличенко
Геогр. ғылымд. канд.	Е.А. Таланов
Геогр. ғылымд. доктора	Ж.Д. Достай
Геогр. ғылымд. доктора	А.В. Чигаркин

*Қазақстан аумағын зоналау үшін мақсатты функция тұрғызу әдісін пайдалану мүмкіндігі және шөлдену процесінің көрінісі бойынша экологиялық-экономикалық мәліметтерді талдау негізінде олардың динамикасын бағалау көрсетілген.*

УДК 574.0

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**Канд. физ.-мат. наук Г.А. Айдосов  
Ж.А. Айдосова

*В работе рассматривается развитие нефтегазового сектора и крупнейшие нефтегазоносные месторождения республики, добыча, потребление переработка газа, деятельность газодобывающих компаний, прогноз запаса нефти и газа в республике.*

**1 Хроника развития нефтегазового сектора в Казахстане**

Казахстанская нефть насчитывает более чем вековую историю, но самые знаменательные события в ней произошли лишь после обретения Казахстаном государственной независимости. За десять лет нефтегазовая отрасль выросла, окрепла и стала флагманом казахстанской экономики. К 10-летию юбилею Казахстан вышел с хорошими показателями развития нефтегазовой отрасли. В 2001 году в республике было добыто около 40 млн. тонн нефти и конденсата [1].

В настоящее время нефтегазовый сектор дает 16 % валового внутреннего продукта, обеспечивает 30 % экспорта и более 40 % поступлений в государственный бюджет. В общей сумме привлеченных в Казахстан иностранных инвестиций свыше 40 % приходится на нефтегазовый сектор [2, 3]. Разрабатываемые в стране нефтяные проекты имеют не только экономическое значение. Нефтяные перспективы Казахстана определяют высокий уровень социальных ожиданий в обществе.

Прекрасные перспективы развития отрасли стали возможными в результате целенаправленных шагов, предпринятых государством на протяжении десяти лет самостоятельного развития. Нам показалось интересным совершить небольшой экскурс в историю становления и развития нефтегазового сектора независимого Казахстана за период с 1991 по 2001 год.

В конце 1991 г. – отрасль перешла под ведение Министерства энергетики и электрификации Республики Казахстан и Государственного комитета РК по геологии и охране недр.

1992 г. – Казахстан, Россия и Оман учредили Каспийский трубопроводный консорциум (КТК). В этом же году между Республикой Казахстан и компаниями «Аджип» (Италия) и «Бритиш Газ» (Великобритания)

было подписано соглашение о разработке нефтегазоконденсатного месторождения Карачаганак.

1993 г. – 4 февраля создано первое совместное предприятие в нефтегазовой отрасли республики - казахстанско-турецкое предприятие «Казахтуркмунай». В марте, в связи с возникшей необходимостью проведения разведки казахстанского сектора Каспийского моря, постановлением правительства Казахстана была создана компания «КазахстанКаспий-Шельф» (ККШ). 6 апреля был заключен «контракт века». Так было названо подписанное Правительством РК долгосрочное (на 40 лет) соглашение с американской компанией «Шеврон». Подписаны соглашения о создании совместного предприятия «Тенгизшевройл» и разработке богатейшего Тенгизского месторождения. Осенью была проведена первая международная казахстанская выставка и конференция «Нефть и газ» (KIOGE). Подписан договор о сотрудничестве в сфере нефтедобычи между Казахстаном и американской компанией «Мобил».

3 декабря подписано Соглашение о создании международного консорциума для проведения геологоразведочных работ на казахстанском шельфе Каспия. В нем приняли участие крупнейшие нефтяные компании США, Великобритании, Италии, Франции и других стран. Консорциум, состоящий из семи иностранных компаний («Аджип», «Бритиш Петролеум», «Статойл», «Бритиш Газ», «Мобил», «Тоталь», «Шелл») и «Казахстан-КаспийШельф», выступающего в данном проекте в качестве оператора, подписали соглашение о трехлетнем геологическом изучении нефтяного потенциала региона. Соглашение предусматривало начало разведывательного бурения в 1998 году и начало добычи к 2000 году. Консорциум выполнил широкомасштабные разведочные исследования на площади около 100 тыс. км<sup>2</sup>. По результатам исследований шельфа Каспийского моря установлено, что прогнозные ресурсы исследованной территории могут составить порядка 13 млрд. тонн нефти и 5 трлн. кубометров газа. В этом же году было создано казахстанско-германское предприятие «Казгермунай».

1994 г. – 13 июня Министерство энергетики и топливных ресурсов РК было разделено Указом Президента Республики Казахстан на Министерство энергетической и угольной промышленности и Министерство нефтяной и газовой промышленности. В июле Казахстан представил мировой общественности проект Конвенции о правовом статусе Каспийского моря, в котором сформулировал свои принципиальные взгляды на вопросы разработки и эксплуатации природных ресурсов Каспия.

В конце года правительство республики приняло Программу развития нефтегазового комплекса Казахстана, приоритетными задачами которой стали:

- укрепление перерабатывающих мощностей;
- полное обеспечение внутренних потребностей в нефтепродуктах;
- наращивание экспорта нефти.

1995 г. – В марте подписан договор о разделении производства на месторождении Карачаганак между Республикой Казахстан в лице «Казахгаз» и компаниями «Аджип» (Италия), «Бритиш Газ» (Великобритания) и «Газпром» (Россия). В июле «Казахгаз» подписал договор с американскими компаниями «Мобил Сейлс энд Санлай Корпорейшн» и «Ваэко-Восток» о создании совместного предприятия по переработке карачаганакского газоконденсата. 28 июля был принят Указ Президента Республики Казахстан «О нефти», имеющий силу закона. В сентябре Правительство РК приняло Постановление о государственной регистрации договоров на использование недр, выдачи лицензий и т.д. 4 октября Правительством РК утверждено технико-экономическое обоснование на строительство газопровода Аксай – Костанай – Кокшетау – Акмола протяженностью 480 км и объемом 4,7 млн. м<sup>3</sup>/год.

1996 г. – В апреле было подписано соглашение между Казахстаном, Россией, Оманом и Консорциумом международных нефтяных компаний о строительстве нефтепровода с пропускной способностью 67 млн. тонн по маршруту Тенгиз – Тихорецк – Новороссийск (трубопровод КТК). 9 июля подписано соглашение о принципах сотрудничества прибрежных государств Каспия. Приватизировано предприятие «Южнефтегаз». Его купила канадская компания «Харрикейн Хайдрокарбонз Лтд».

1997 г. – 4 марта было упразднено Министерство нефтегазовой промышленности РК и создана Национальная нефтегазовая компания «Казахойл». 2 апреля создана Национальная компания по транспортировке нефти «КазТрансОйл». 14 июня между Республикой Казахстан и бельгийской компанией «Трактебель С.А.» был заключен Договор концессии внутренней и международной газотранспортных систем. Началась приватизация предприятий нефтегазового сектора республики.

18 ноября в Вашингтоне во время визита Президента Н. Назарбаева было подписано окончательное Соглашение о разделе продукции нефтегазоконденсатного месторождения Карачаганак. Доля Республики Казахстан в делимом доходе составила 80 %. В состав специально создан-

ной «Карачаганакской интегрированной организации» (КИО, Karachaganak Petroleum Operating) вошли итальянская «Аджип» (32,5 %), британская «Бритиш Газ» (32,5 %), американская «Тексако» (20 %) и российская «ЛУКойл» (15 %). Соглашение заключено сроком на 40 лет и предусматривало максимальный уровень добычи нефти и газоконденсата в 12 млн. тонн в год и газа – в 25 млрд. кубометров. В течение 40 лет КИО планировала инвестировать в освоение Карачаганакского месторождения 11 млн. долларов. 21 ноября там же было подписано Соглашение о разделе продукции Каспийского шельфового проекта между компаниями «Аджип», «Бритиш Газ», «Бритиш Петролеум» и «Статойл», «Мобил», «Шелл», «Тоталь» и «КазахстанКаспийШельф». Объем нефтедобычи Казахстана в 1997 году достиг 25,7 млн. тонн нефти.

*1998 г.* – В январе АО «Уральскнефтегазгеология» приступила к испытанию сверхглубокой скважины на континенте в районе месторождения Карачаганак на площадке Долинское. В январе начало действовать Соглашение о разделе продукции Карачаганакского месторождения. Казахстан получил в виде бонуса 330 млн. долларов. 14 июля было начато бурение первой нефтяной скважины на казахстанском участке каспийского шельфа. 19 августа была запущена в опытно-промышленную эксплуатацию Карачаганакская малотоннажная установка по производству топлива мощностью 400 тыс. тонн конденсата в год.

В сентябре для проведения разведочных работ и добычи углеводородов в северной части Каспийского моря была создана «Казахстанская международная шельфовая операционная компания» (ОКИОК, Offshore Kazakhstan International Operating Company (ОКИОС)), в которую вошли все участники международного консорциума по разведке каспийского шельфа, созданного еще в 1993 году. В октябре 1998 года «Казахстан-КаспийШельф» продал свою долю в ОКИОК двум новым участникам: японской компании «Инпекс Норд Лтд» и американской «Филипс Петролеум».

*1999 г.* – В мае началось строительство трубопровода Каспийского трубопроводного консорциума. 12 августа ОКИОК начала бурение первой поисковой скважины «Восточный Кашаган-1» на казахстанском шельфе Каспийского моря. В сентябре 1999 года в Атырау состоялось празднование 100-летия со дня добычи первой нефти на территории Казахстана. В 1899 году со скважины, пробуренной знаменитым изобретателем и промышленником Альфредом Нобелем, на отдаленном урочище Карачунгул

забил мощный фонтан нефти. Это событие и стало точкой отсчета 100-летнего пути Казахстана к статусу нефтяной державы. Объем добычи нефти в Казахстане в 1999 году достиг 26,6 млн. тонн.

2000 г. вошел отдельной строкой в историю казахстанской нефти. Именно в этом году увенчались успехом многолетние исследовательские работы в казахстанском секторе каспийского шельфа, и Казахстан открыл новую страницу своей истории – проведение морских нефтяных работ. Проекты разработки углеводородных ресурсов Казахстана вступили в важный этап своего развития – переход от проведения разведочных работ к освоению нефтегазовых месторождений на шельфе Каспийского моря и созданию необходимой сервисной инфраструктуры.

В мае 2000 года Россия и Казахстан договорились о создании совместного предприятия между «КазТрансГаз» и российским «Газпромом». Совместное предприятие предусматривает продажу газа в Китай, замещение поставок российского газа на запад и север Казахстана газом с Карачаганакского газоконденсатного месторождения; кроме того, в рамках деятельности предприятия предполагается поставка казахстанского газа на европейские рынки. Важнейшим событием 2000 года в Казахстане стало открытие крупного месторождения нефти на шельфе Северного Каспия (месторождение Кашаган). Оно было названо «крупнейшим открытием нефти в мире за последние 30 лет». Запасы Кашагана оцениваются в 7 млрд. тонн. В июле 2000 года «КазТрансГаз» приступил к разработке месторождений Амангельдинской группы в Жамбылской области.

29 августа в Астане был создан Консорциум по развитию инфраструктуры нефтегазовой промышленности Казахстана. Участниками консорциума стали крупнейшие нефтегазовые компании, работающие в Казахстане: «Казахойл», ОКИОК и «Карачаганак Петролеум Оперейтинг». 9 октября в Астане президенты Казахстана и России подписали совместную Декларацию о сотрудничестве на Каспийском море. В октябре ОКИОК начала бурение на Западном Кашагане. Скважина на Западном Кашагане стала второй из двух первоначальных скважин программы разведочного бурения ОКИОК. В ноябре был сварен последний стык трубопровода КТК, соединивший Тенгизское месторождение с морским терминалом в порту Новороссийск. В декабре была образована Межведомственная комиссия по вопросам экспортных нефтегазопроводов. Объем нефтедобычи Казахстана в 2000 году достиг 35,3 млн. тонн нефти.

2001 г. – 23 мая началось бурение скважины Восточный Кашаган-2, расположенной приблизительно в 8 км на север от скважины Восточный Кашаган-1, которая открыла в июле 2000 года гигантское месторождение. В мае 2001 года начались широкомасштабные геологоразведочные работы по поиску нефти на Аральском море. Общий объем прогнозных запасов углеводородов в регионе оценивается в 2 млрд. тонн нефтяного эквивалента. В июне в Атырау состоялась Пятая сессия Межправительственного совета стран СНГ по разведке, использованию и охране недр. Эта организация начала действовать с апреля 1998 года, когда под эгидой Межгосударственного экономического комитета стран СНГ была проведена первая сессия межправительственного совета по разведке, использованию и охране недр.

3 июля в Лондоне прошла инвестиционная конференция «Нефть и газ Казахстана», в которой приняли участие представители британских правительственных и деловых кругов, а также ведущих международных компаний, работающих на национальном рынке Казахстана. 13 августа в городе Кзыл-Орда вступил в строй новый нефтеналивной терминал. Проектная мощность его двух резервуаров составляет 6 тыс. кубометров. Новый терминал является совместным проектом казахстанско-британского предприятия «Куат Амлон Мунай», которое было создано в 1994 году для промышленного освоения нефтяных месторождений Коньыс и Бектас в Кзыл-Ординской области. В конце августа 2001 года состоялось первое бурение на Амангельдинском газовом месторождении в Джамбульской области. Общие запасы газа на месторождении оцениваются в 25 млрд. кубометров [2].

## **2 Запасы нефти и газа**

Крупнейшими нефтегазоносными месторождениями Республики Казахстан являются, по убывающей, Тенгизское, Карачаганакское, Жанажолское, Урихтау (см. табл. 1) [2].

Для того, чтобы лучше представить прогнозируемые запасы нефти Каспийского региона и развитие нефтедобычи Казахстана до 2010 г. приведем цифры (см. табл. 2 и 3) [1].

## **3 Добыча и потребление газа**

В 1998 году нефтегазодобывающими предприятиями Республики было добыто 8,9 млрд. м<sup>3</sup> газа, в том числе свободного газа – 3,6 млрд. м<sup>3</sup> и попутного нефтяного – 5,3 млрд. м<sup>3</sup>, из них дочерними предприятиями и предприятиями с участием ННК «Казахойл» добыто 6,3 млрд. м<sup>3</sup> (товарный газ), в том числе свободного газа – 1,3 млрд. м<sup>3</sup> и попутного нефтяного –

5 млрд. м<sup>3</sup>. К сожалению, из-за малоразвитой системы газопроводов и ПХГ в настоящее время до 40 % газа сжигается в факелах на нефтепромыслах.

Таблица 1

Крупнейшие нефтегазоносные месторождения РК

Месторождение	Запасы газа
Тенгизское	(нефтяное) с геологическими запасами – 1 721,5 млн. тонн, извлекаемыми – 707,5 млн. тонн.
Карачаганакское	(нефтегазоконденсатное) с геологическими запасами по нефти – 338 млн. тонн, по конденсату – 860,4 млн. тонн, извлекаемыми запасами по нефти – 169 млн. тонн, по конденсату – 643,7 млн. тонн, растворенного газа – 239,3 млрд. м <sup>3</sup> , свободного газа – 1 329,6 млрд. м <sup>3</sup> .
Жанажолское	(газоконденсатнонефтяное) с геологическими запасами по нефти – 373,4 млн. тонн, по конденсату – 40,7 млн. тонн, извлекаемыми запасами по нефти – 91,6 млн. тонн, по конденсату – 26,5 млн. тонн, растворенного газа – 25,6 млрд. м <sup>3</sup> , газовой шапки – 25,6 млрд. м <sup>3</sup> .
Урихтау	(нефтегазоконденсатное) с геологическими запасами по нефти 6,5 млн. тонн, по конденсату – 11,6 млн. тонн, извлекаемыми запасами по нефти – 1,4 млн. тонн, по конденсату – 5,7 млн. тонн, свободного газа – 39,8 млрд. м <sup>3</sup> , растворенного газа – 0,5 млрд. м <sup>3</sup> .

Таблица 2

Нефтяные запасы Каспийского региона, млрд. баррелей

Страна	Доказанные запасы	Прогнозируемые запасы	Всего
Азербайджан	3,6...11,0	27,0	31...38
Иран		12,0	12,0
Казахстан	10,0...16,0	85,0	95...101
Россия	0,2	55,0	-
Туркменистан	1,4...1,5	32,0	34,0
Узбекистан	0,2...0,3	11,0	-
Итого	15,4...29,0	163,0	178...191

Примечание: 1 баррель (нефт.) ≈ 159 дм<sup>3</sup>.

Таблица 3

Прогнозы развития нефтедобычи в Казахстане до 2010 г., млн. т/год  
(минимальный – максимальный варианты)

Нефтяные регионы и объединения	Год		
	2000	2005	2010
Нефтедобывающие объединения Казахстана	21...22	22...23	24...25
Атырауский регион	3	3	3...4
Мангистауский регион	8-9	8...9	8
Актюбинский регион	5	5	6
Кумкольский регион	5	6...7	7

СП «Тенгизшевройл»	8...17	17...20	20...22
Другие СП	5...6	6...7	9...10
Карачаганак	4...5	5...7	7...8
«Казахстанкаспийшельф»		10...12	30...35

За первое полугодие 1999 года нефтегазодобывающими предприятиями Республики добыто 5,1 млрд. м<sup>3</sup> газа (товарный газ), в том числе 2,4 млрд. м<sup>3</sup> свободного и 2,7 млрд. м<sup>3</sup> попутного нефтяного. Потребление природного газа за указанный период областями Республики составило 2,5 млрд. м<sup>3</sup>, в том числе юг Казахстана потребил 0,8 млрд. м<sup>3</sup>.

#### **4 Деятельность газодобывающих компаний**

Основным газовым месторождением Республики является расположенное в Западно-Казахстанской области месторождение Карачаганак. Уникальность этого месторождения заключается в том, что с начала эксплуатации в 1984 году и до настоящего времени на его долю приходится значительный объем добываемого в Республике газа. Разработку месторождения ведет АО «Карачаганакгазпром», до 1998 года входившее в состав ННК «Казахойл».

Основными газодобывающими компаниями в Республике, кроме АО «Карачаганакгазпром», на базе которого в 1999 году создано СП «Карачаганак Петролеум Оператинг Ко», являются ПО «Узеньмунайгаз» и СП ТОО «Тенгизшевройл», входящие в ННК «Казахойл».

Разработку газовых месторождений ведут АО «Эмбаунайгаз» и АО «Тенгизмунайгаз», объединенные во второй половине 1999 года для улучшения управления, уменьшения себестоимости добычи и сокращения издержек. Их преемником стало ОАО «Казахойл-Эмба» [2].

#### **5 Переработка газа**

Увеличение добычи природного газа, в свою очередь, ставит проблему расширения перерабатывающих мощностей. В настоящий момент Республика Казахстан располагает тремя газоперерабатывающими заводами, суммарная мощность которых составляет около 6,7 млрд. м<sup>3</sup> сырого газа в год. На сегодняшний день, к сожалению, до 30 % добываемого газа утилизируется на местах добычи (не весь добываемый газ возможно переработать и доставить до потребителей).

В табл. 4 мы постарались отобразить баланс объемов добычи, переработки, поставки и потребления природного газа по областям Республики.

Таблица 4

Баланс объемов добычи, переработки, поставки и потребления природного газа по областям Республики (млн. м<sup>3</sup>)

Производители и поставщики	Объемы добычи, переработки и реализации				Объемы поставок и потребления	
	валовая добыча	на собственные нужды и утилизацию	поставлено на ГПЗ	для реализации	направление поставок	реализовано
«Карачаганак Петролеум Оперейтинг»	1737,5	239,5	1498,0	1140,3	3.-Казахстанская Экспорт в Россию	201,3 939,0
«Тенгизшевройл»	2149,8	1 539,9	763,2	609,9	Атырауская На экспорт	380,2 229,7
«Узеньмунайгаз»	690,4	60,6	629,8	552,5	Мангистауская	552,5
«Актобемунайгаз»	254,0	178,0	98,8	76,0	Актюбинская	484,0
«Мангистаумунайгаз»	63,8	63,8	-	-	Костонайская	260,8
«Казахойл-Эмба»	88,7	88,7	-	-	Алматинская	345,9
«Харрикейн-Кумколь»	78,8	78,8	-	-	Жамбылская	299,5
«Кумколь-Лукойл»	50,8	50,8	-	-	Ю.-Казахстанская	188,5
Россия				678,8		418,0
Узбекистан				833,9		
Всего поставлено	5104,8	2291,1	2989,8	3891,4	Итого потреблено	3891,4
В том числе по импорту				1512,7	В том числе на экспорт	1268,7

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надиров Н.К. Высоковязкие нефти и природные битумы. / В 5 т. Т. 1. История. Бассейны. Свойства. – Алматы, 2001. – 360 с.
2. Нефтегазовая Вертикаль. – №14, 2003
3. Нефтегазоносность Казахстана: (Труды I международной конференции). –Алматы – Атырау, 2001. – 232 с.

Казтранс Газ

#### ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ МҰНАЙГАЗ СЕКТОРЫНЫҢ ДАМУЫН ЗЕРТТЕУ

Физ.-мат. ғылымд. канд.    Г.А. Айдосов  
Ж.А. Айдосова

*Жұмыста республикадағы мұнайгаз секторының дамуын  
және өте ауқымды мұнайгазды келіштерден өндіру, пайдалану, газ-*

*ды өңдеу, газ өндіру мекемелерінің қызметік, мұнай және газ қорларын болжау қарастырылған.*

УДК

**АРАЛ-СЫРДАРИЯ АЙМАҒЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТҰРАҚТАНДЫРУ  
ТӘСІЛДЕРІ**

Техн. ғылымд. докторы Сұлтанбек Тәуіпбаев

*Бұл мақалада Арал-Сырдария аймағын экологиялық тұрақтандыру тәсілдері статистикалық мәліметтерді негізге ала отырып қарастырылған.*

*Сонымен қатар, 2003...2005 жылдарда күз-қыс мезгілінде Сырдария өзенімен Шардара су қоймасынан төмен қарай жіберіліп жатырған мол суды Қызылорда облысына зиянын тигізбей Арал теңізіне жеткізу жолдары келтірілген.*

Сырдария өзені алабының координаталары  $39^{\circ}23'$  –  $46^{\circ}$  солтүстік ендігі және  $61^{\circ}$  –  $78^{\circ}24'$  шығыс бойлығы болатын квадраттың ішінде орналасқан. Солтүстіктен оңтүстікке қарай 800 км-ге, ал батыстан шығысқа қарай 1600 км-ге созылып жатыр. Арнасымен өлшегендегі, сағасынан бастап өзен жүйесінің ең алыс жатқан бастау нүктесіне дейінгі қашықтық 3019 км. Өзен Орталық Азияның төрт мемлекетінің (Қазақстан, Өзбекстан, Тәжікстан, Қырғызтан) аумағын басып өтеді. Сырдария өз атауын Қазақстан аумағынан айтарлықтай тыс жатқан Қарадария және Нарын атты екі өзеннің қосылуынан кейін алады. Ол өзендер бастауын Тәңіртау жүйесінің терең түкпірінен, қарқынды түрде еритін қар мен мұздақтардан алады. Ең суы мол өзен Нарын (53 %), Қарадария (15 %).

Нарын және Қарадария өзендерінің суларын алғаннан кейін Сырдария өзені Түркістан жоталарының арасында кеңінен жайылып жатқан Ферғана жазығы арқылы өтіп, Моғалтау жоталарының сілімдері болып табылатын Фархад тауларын қиып, Мырзашөл жазығымен 150 км-ге жуық жол жүргеннен кейін Сырдария өзені Қазақстан аумағы арқылы Арал теңізіне құяды.

Орташа барлық су қоры –  $31,42 \text{ км}^3$ , соның  $21,9 \text{ км}^3$  – Өзбекстан Республикасы,  $3,39 \text{ км}^3$  – Қырғызстан Республикасы өзендерінен келіп құяды. Осы суды реттеп отыруға жоғарғы аймаққа  $31,87 \text{ км}^3$  су

сиымдылығы болатын Тоқтағұл – 19,5 км<sup>3</sup>, Андижан – 1,75 км<sup>3</sup>, Қайраққұм – 3,41 км<sup>3</sup>, Шарбақ – 2,01 км<sup>3</sup>, Шардара – 5,2 км<sup>3</sup> су қоймалары салынған.

Мәліметтерге талдау жасасақ (1-кесте) 1899...1960 жылдар аралығында жоғарыдан жылына орташа 21,0 млрд. м<sup>3</sup> су келсе, оның 36 пайызы күз-қыс айларында келген.

1968...1969 жылдары Шардара су қоймасы 48,37 млрд. м<sup>3</sup> су қабылдап, оның 28 пайызы – 13,70 млрд. м<sup>3</sup> суы күз-қыс айында келсе, 16,3 млрд. м<sup>3</sup> суы Арнасай ойпатына жіберілген, 8,1 млрд. м<sup>3</sup> суы төменге тасталған. 1980...1992 жылдар аралығында Шардараға – 12,53 млрд. м<sup>3</sup> су құйса, оның: 51 пайызы – 6,63 млрд. м<sup>3</sup> күз-қыс айында келген, 5,0 млрд. м<sup>3</sup> су күз-қыс айларында төменге тасталған. 1992...2003 жылдарда орташа жоғарыдан Шардараға 19,37 млрд. м<sup>3</sup> су құйылса, күз-қыс айларында 5,5...7,0 млрд. м<sup>3</sup> су төменге жіберіліп, жылына 3,0...3,2 млрд. м<sup>3</sup> суды Арнасай ойпаты қабылдаған.

2003...2004 жылдары Шардараға жоғарыдан 27,35 млрд. м<sup>3</sup> су түссе, соның 17,10 млрд.м<sup>3</sup> суы күз-қыс айларында келген, яғни 63 пайызы, оның 10,2 млрд. м<sup>3</sup> күз-қыс айларында төменге Арал теңізіне бағытталған (2-кесте). Биылғы (2004...05 жж) жағдай: Шардараға жоғарыдан 28,0 млрд. м<sup>3</sup> су түскен болса, соның 11,0 млрд. м<sup>3</sup> суын төменгі аймаққа, 1,5 млрд. м<sup>3</sup> Арнасай ойпатына тасталды.

Енді, статистикалық анықтамаларға жүгініп Шардара су қоймасына су көп мезгілдеріндегі төменге жіберілген орташа судың гидрологиялық мөлшеріне кезеңдер бойынша талдау жасасақ, ең көп жіберілген мезгіл 1966, 1969, 1970, 1972 жылдардың сәуір-шілде айлары, яғни 1100...1850 текшеметр су түскен, ең жоғарғы көрсеткіш (1850 м<sup>3</sup>/сек) 7...26 маусым аралығында жіберілген. Осы жылдардың күз-қыс айларында төменге жіберілген судың мөлшері 550...600 текшеметрден жоғары болмаған.

Цифрларға зерттеу жасасақ, 1992 жылдардан бастап судың қайтадан көбею процесі басталғаны, ал 2003 жылдан өте жоғары дәрежеде көбею процесі жүргендігі байқалады. Сонымен қатар, жоғарыдан Шардараға көп судың түсуі бұрынғы мезгілдерге қарағанда 2-3 ай бұрын келген, яғни қыс айларында түсіп отыр. Ғалымдар Е.П. Борисенков, А.А. Тұрсынов және т.б. табиғаттағы климаттың осындай өзгерулері аридтік аймақтарға өте қауіпті екендігін, себебі ол жерлерде климаттың көрсеткіштері жай уақыттардың өзінде-ақ маусымдық

күрт өзгерістерге ұшырап отыратындығын дәлелдеген [1]. Сондықтан, біздер аймақ климатының өзгерісіне ерекше және аса үлкен жауапкершілікпен қарауымыз қажет.

Бәрімізге белгілі, аймақта «Сырдария өзені арнасын реттеу және Арал теңізі солтүстік бөлігін қалпына келтіру» бағдарламасы бойынша кіші Арал теңізі суын 42,0 м. абс. Б. Ж. (Балтикалық Жүйе) белгіге әкелуге жұмыс жасалуда.

Қазіргі күні кіші Аралда шамамен 15,5 км<sup>3</sup> су болса, оның деңгейі 38,0 м. абс. белгінің шамасында. 1960 жылдары су деңгейі 52...53 м. абс. белгіде болған кезде, кіші Арал бөлігінің ауданы 6490 км<sup>2</sup>, көлемі 77,8 км<sup>3</sup>, су тұздылығы 10...12 г/дм<sup>3</sup> болған. Көкарал бөгетін салу арқылы кіші Аралдың суы 42,0 м б. ж келген кезде оның көлемі 27,1 км<sup>3</sup>, ауданы 3288 км<sup>2</sup> болуға тиісті.

Осы жоғарыдағы бағдарлама шеңберінде облыста Айтек су торабы, Қызылорда, Қазалы су тоспасын қайта қалпына келтіру, дарияның арнасын кейбір жерлерін түзету (6,95 км), 100,0 км қорғаныс бөгетін салу және т.б. жер, бетон, темірбетон жұмыстары жүргізілуде. Бағдарламаның I-фазасы 2005 жылдың аяғында аяқталуға тиіс. Қазіргі кезде бағдарламаның II-фазасының жұмыстары жинақталу үстінде. Негізгі мәселе аймақтың гидроэкологиялық тұрақтылығын сақтай отырып, халықтың экологиялық, экономикалық, әлеуметтік жағдайын жақсарту. Ол үшін кіші Арал теңізі суын оңтайлы 46,0 м. абс белгіге көтеру. Бұл белгі ғылыми негізде тұжырымдалған [1, 2].

Айта кету қажет, «Солтүстік Арал теңізі және Сырдария арнасын реттеу» жобасы толық аяқталған кезде Қызылорда су торабынан қыс айларында секундына 450 текшеметр су өткізу қарастырылған. Ал, қазіргі мәселе судың гидрологиялық режимінің көбеюіне байланысты күз-қыс айларында төменге 800...900 текшеметр су өткізу. Ол үшін, сурет көрсетілгендей, күз-қыс мезгілінде Шардара су қоймасынан Әйтек су торабына дейінгі аралықтағы Шиелі-Телікөл-Көксу-Жаңадария-Қараөзек көлдер жүйесін суға толтыру арқылы 3,0...3,5 млрд. м<sup>3</sup> суды алып қалу қажет.

Осыған байланысты, жаңадан салынған Айтек су торабына дейін 300...400 текшеметр суды алып қалып, көл-тоғандарды толтыру арқылы аймақтың экологиялық жағдайын жақсарту мақсатында пайдалану қажет. Ол үшін, дарияның бұрыннан қалыптасқан тармақтары Қараөзек пен Жаңадария арнасы,



## Шардара су қоймасына судың ағып келуі және төменге жіберілуі

Жыл	Күз-қыс мезгілінде Тоқтағұл су қоймасына н су жіберілуі	Шардара су қоймасына судың ағып келуі	Соның ішінде күз-қыс мезгілінде	Жылдық су көлемінің пайызы	Күз-қыс мезгілінде Шардара су қоймасына н судың төменге жіберілуі	Арнасай көлдер жүйесіне судың жіберілуі
1953...1954		32,65	11,50	35		
1968...1969		48,37	11,37	28	8,1	16,3
1983...1991 орташаланғаны	жылдардағы	3,3	12,53	6,63	51	5,9
1992...2003 орташаланғаны	жылдардағы	7,9	19,37	12,40	64	7,0
2003...2004		8,8	27,35	17,10	63	10,2
2004...2005		9,0	28,0	22,83	64	11,0
	(күтілетіні )					

## Шардара су қоймасының жұмыс істеу режимі

Мезгілдер	Судың ағып келуі	Шардара су қоймасының көлемі	Төменге су жіберулер	Қайда жұмсалатыны					
				сорланған жерлерді шаюға	Арал теңізіне	Қызылорда облысының ауыл шаруашылығын	Оңтүстік Қазақстан облысының ауыл шаруашылығын	суаруға	буланулар мен су шығындары
20.04 - 31.08 вегетация мезгілінде	2,9	5,2	7,3	-	1,0	5,0	0,6	0,7	-
31.08 - 20.11 дейін су жинау	7,3 ( $W_1^n$ )	0,2+0,8=1,0	7,1		4,84 ( $W_{r/y}^k$ )	-	-	1,0	1,26
20.11 - 01.03	11,2 ( $W_2^n$ )	1,0+3,8=4,8	7,4		4,8 ( $W_{r/y}^k$ )	-	-	-	2,6
01.03 - 20.04	6,17 ( $W_3^n$ )	4,8+0,4=5,2	5,77	1,0	3,5 ( $W_{r/y}^k$ )	-	-	-	1,27
Жиынтығы:	27,57	5,2	27,57	1,0	14,14	5,0	0,6	1,7	5,13

## Есептеулер

31.08-21.11 дейін

20.11 - 01.03 дейін

01.03 - 20.04 дейін

$$W_1^n = 1050 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 80 \text{ күн} \cdot 86400 \text{ с} = 7,3 \text{ млрд. м}^3$$

$$W_2^n = 1300 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 100 \text{ күн} \cdot 86400 \text{ с} = 11,2 \text{ млрд. м}^3$$

$$W_3^n = 1400 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 51 \text{ күн} \cdot 86400 \text{ с} = 6,17 \text{ млрд. м}^3$$

$$W_{uu}^c = 1027 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 80 \text{ күн} \cdot 86400 \text{ с} = 7,1 \text{ млрд. м}^3$$

$$W_{uu}^c = (850+50) \text{ м}^3/\text{с} \cdot 100 \text{ күн} \cdot 86400 \text{ с} = 7,4 \text{ млрд. м}^3$$

$$W_{uu}^c = 1300 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 51 \text{ күн} \cdot 86400 \text{ с} = 5,77 \text{ млрд. м}^3$$

$$W_{r/y}^k = 700 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 80 \text{ күн} \cdot 86400 \text{ с} = 4,84 \text{ млрд. м}^3$$

$$W_{r/y}^k = 550 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 100 \text{ күн} \cdot 86400 \text{ с} = 4,8 \text{ млрд. м}^3$$

$$W_{r/y}^k = 800 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 51 \text{ күн} \cdot 86400 \text{ с} = 3,5 \text{ млрд. м}^3$$

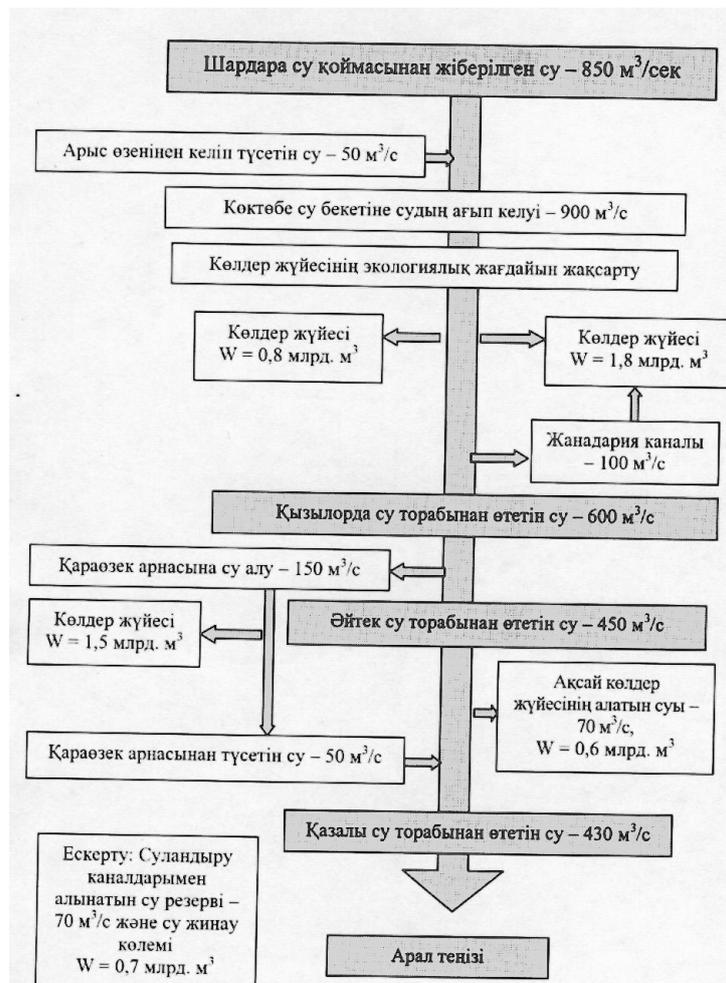
Қажетті іс-шара – 2,6 млрд. м<sup>3</sup> суҚыс мезгілінде Сырдария өзені арнасымен 2,6 млрд. м<sup>3</sup> көлемінде су алу және қауіпсіз өткізу шаралары

Объект және іс-шаралардың аттары	Нақты су өткізу қабілеті, м³/с	Қалпына келтірілгеннен кейінгі		Алдын-ала құны, млн. теңге	Шабындық-жайылымдық жерлерді және көлдер жүйесін суландыру ауданы
		су шығыны, м³/с	көлемі, млрд. м³		
Қараөзек арнасында бас құрылысын салу жер жұмыстары,соңғы қашыртқы салу	60	300	1,5	650 160	1,5 млрд. м³ суды жинау мүмкіндігі, 35000 гектардан астам шабындық-жайылымдық жерлерді және 12 ірі көлдерді суландыру
Жаңадария каналының бас және тіреуіш-тежегіш құрылыстарын қалпына келтіру және каналды кеңейту	35	100	0,6	750	30000 гектардан астам жайылымдық жерлерді, Ақсай-Қуандария көлдер жүйесін суландыру және Кіші Арал теңізіне су жеткізу
Телікөл-Ботабай көлдер жүйесінің экологиялық жағдайын жақсарту	35	130	0,9	800	50000 гектардан астам жайылымдық жерлерді суландыру
Ауыл шаруашылық жерлерін шаю үшін қашыртқы-кәріз жүйелерін тазалау			0,4	1300	80000 гектардан астам суармалы жерлерді сумен шаю және суармалы массивтерде грунт суларының деңгейін төмендету
Қорғаныс бөгеттерін салу			200 км	500	
Өзен арнасын кеңейту және понтонды өткелдерді қалпына келтіру			8 дана	500	
Земснаряд сатып алу			4 дана	300	
Жобалау-ізвестіру жұмыстары			0	150	
<b>Жиынтығы:</b>			2,6	5110	



магистралдық каналдар Көксу, Нәнсай және т.б. бұрынғы жобалық су өткізу деңгейлеріне жеткізілу керек. Сонымен қатар, қашыртқы-кәріздік жүйелерді қайта қалпына келтіру арқылы жер асты суларын төмен түсіріп, жер бетіндегі тұзды шаю жұмыстарына пайдалану.

Қараөзек – Қызылорда қаласының солтүстік-батысының 25-шақырымында орналасқан. Қараөзек, темір жол бекетінен басталып 185 шақырымға созылып, Жосалы қыстағы тұсынан Сырдария өзеніне қайта құятын табиғи арна. Арнаның алғашқы 34 шақырымындағы ені 150...170 м, су өткізгіштігі 500...600 текшеметр, 35-ші шақырымынан құярлыққа дейінгі ені 110...120 м-ді құрайды. Қараөзек арнасы бойындағы көлдердің жер бедері бір-бірін 2...3 м айырмашылығы бар.



Сурет. Қыс мезгілінде Шардара су қоймасынан Арал теңізіне дейін су арудың сызықтық схемасы.

Қарақойлы (31...61 км), Бөгенкөл-Болатжар (71...113 км), Қадырбай-Қаракөл (123...140 км), Қожатай-Қарабөгет (142...159 км), Болдақ (166...182 км) көлдер шатқалдарының сай-салаларын кесіп ағады. Қараөзек бойында 12 көл бар, жылына 100...110 тоннаға дейін балық аулауға болады. Қараөзек арнасының бойында орналасқан көлдер, шатқалдар, ойпаттар балық, құс және аңдардың тіршілік мекені, сонымен қатар мал жайылымдары. Арна бойындағы 20,35 мың га шабындық жерлерді, 587,0 мың га тоғай-ормандарды суландырады.

Арнаның сағасында 1976 жылы секундына 60 текшеметр су өткізетін гидротехникалық су құрылысы салынған. Арна бойында шабындықтарды суландыратын 20 канал орналасқан, жөндеу жұмыстары жасалмағандықтан қазіргі техникалық жай-күйі нашар. Табиғи жағдайында арнаның сағасына гидротехникалық су құрылысын салғанға дейінгі мәліметтер бойынша, сағадан 300 текшеметр су аққан кезде арна бойында 0,3...0,5 км<sup>3</sup> су қалып қойып отырған. Қараөзек жүйесіне орташа жылына 670 млн. текшеметр, суы мол жылдары 2 млрд. текшеметрге дейін су көлемі жиналып келген.

Екінші Жаңадария – бұрынғы Сыр өзенінің ескі арнасының табиғи тармағы. Жаңадария арнасымен Сырдария өзеніндегі гидрологиялық су режимдерін реттеу жұмыстары жүргенге дейін секундына 120...150 текшеметр су аққан. 1956 жылы Қызылорда су торабы салынды. Осыған байланысты Жаңадария арнасының сағасына су өткізгіштік қабілеті секундына 50 текшеметр болатын су құрылысы салынып, арнаға жіберілетін су көлемі шектелген. Бас саға су құрылысымен қатар су өткізгіштігі 50 м<sup>3</sup>/с болатын 3 су тоспа құрылыстары мен 20-дан астам ішкі шаруашылық каналдар, ұзындығы 22,4 км болатын «Сол тармақ» каналы салынған. Жаңадария арнасының барлық ұзындығы 958 км. Арна сағасынан 210 шақырымнан кейін Жаңадария және Қуандария болып екіге бөлінеді. Бөлінген жерден Жаңадария арнасының ұзындығы 368 км, Қуандария арнасының ұзындығы 380 шақырым. Жаңадария арнасының бойында 6 мың гектарға дейін суармалы егістік жерлерді суландыруға болады. Қуандария арнасы арқылы 15...20 мың гектарға дейін шабындық-жайылымдық жерлерді, Қазалы ауданының Ақсай-Қуандария көлдер жүйесін суландыруға және Арал теңізіне дейін су тастауға болады (3-кесте). Сондықтан, Жаңадария арнасының сағасына су өткізгіштік қабілеті 120 текшеметр болатын су құрылысын салып, бұрынғы 120...150 м<sup>3</sup>/с су өткізгіш табиғи арналарды қалпына келтіру, тазалау жұмыстарын жүргізу қажет. Бұл жұмыстардың нәтижесінде: біріншіден - қыс айларында келетін тасқын су көлемдерін 100 текшеметрге азайту мүмкіншілігі болса, екіншіден бұрынғы Жаңадария арнасы арқылы суландырылған мыңдаған гектар шабындық-жайылымдық жерлерді суландыруға, балық шаруашылығына маңызы бар көптеген көлдерді толтыруға, суландырылған өлкенің табиғи-экологиялық ахуалын жақсартуға көп көмегін тигізеді.

Үшінші мәселе – қашыртқы-кәріздік жүйені қайтадан қалпына келтіру. Облыс көлемінде су өткізгіш қабілеті 8...50 текшеметрге дейін 995,9 км болатын бас, ауданаралық және шаруашылықаралық қашыртқылар бар. Қашыртқылар бойында 74 су гидротехникалық құрылысы салынған. Қашыртқылар пайдалануға 1967, 1970, ең соңғылары 1980, 1987 жылдары берілген. Мысалға, Оңтүстік қашыртқы – ұзындығы 149,5 км, жоба бойынша су өткізу қабілеті 50 текшеметр. 1967 жылы пайдалануға берілген, 120 мың гектар жердің жер асты суы мен ағынды тұзды суларын сыртқа шығаруға арналған.

Солтүстік коллектор – ұзындығы 119,1 км, 1969 жылы пайдалануға берілген, бойында 9 су гидротехникалық құрылысы салынған, су өткізу қабілеті 15,8 текшеметр. Қашыртқылардың қазіргі техникалық жағдайы өте нашар. Жер бетінің тұздануы, жер асты суының жоғары көтерілуі осы қашыртқылардың дұрыс жұмыс істемеуінен.

Жоғарыда аталған қашыртқылардың техникалық жағдайын жақсарту арқылы облыстағы 270 мың гектар суармалы жерлердің жер асты суларының деңгейін түсіру арқылы егістік жерлерді тұзданудан, батпақтануынан сақтап сондай-ақ, Оңтүстік облыстардағыдай жердің бетін сумен шаю шараларын іске асыруға болады. Бұл күрделі мәселелерді шешуге облыстың және Қазақстан Республикасы Үкіметінің бірлесіп орындайтын кешенді бағдарламасына қосуды қажет етеді.

#### Пайдаланған әдебиеттер

1. Турсунов А.А. От Арала до Лобнора (Гидроэкология бессточных бассейнов Центральной Азии) – Алматы, ТОО «Венера», 2002. – 384 с.
2. Тәуіпбаев С.Т. – Арал-Сырдария аймағын гидроэкологиялық тұрақтандыру – Алматы, Республикалық баспа кабинеті, 2000. – 243 б.

Кызылординское коммунальное государственное предприятие «Кызылордаводхоз»

#### **МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АРАЛ-СЫРДАРЬИНСКОГО РЕГИОНА**

Доктор техн. наук С. Теупбаев

*На основании статистических данных рассмотрен метод экологической устойчивости Арало-Сырдарьинского региона. Приведены варианты безопасных попусков воды из Шардаринского водохранилища вниз по р. Сырдарье в осенне-зимние периоды 2003...2005 годов не причиняя ущерба Кызылординской области.*

УДК 551.510.42

**О СОСТОЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В 1 КВАРТАЛЕ 2005 ГОДА**

Канд. геол.-мин. наук

Е.Ж. Муртазин

Н.У. Бултеков

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

**1 Состояние загрязнения воздушного бассейна**

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

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

**В 1 квартале 2005 г.** наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха проводились в 20 населенных пунктах республики: Актау, Актобе, Алмате, Астане, Атырау, Балхаше, Жезказгане, Костанаете, Караганде, Павлодаре, Петропавловске, Риддере, Семипалатинске, Таразе, Темиртау, Уральске, Усть-Каменогорске, Шымкенте, Экибастузе и пос. Глубокое (Восточно-Казахстанская область).

В течение квартала случаев высокого и экстремально высокого загрязнения атмосферного воздуха в городах, где проводились наблюдения, не зарегистрировано.

Наибольший уровень загрязнения атмосферного воздуха отмечался в г. Алматы (ИЗА<sub>5</sub> = 18,0), г. Караганде (ИЗА<sub>5</sub> = 15,5), г. Усть-Каменогорске (ИЗА<sub>5</sub> = 12,0) и Шымкенте (ИЗА<sub>5</sub> = 11,7) (Табл. 1.1).

Таблица 1.1

Загрязнение воздушного бассейна городов Казахстана в 1 квартале 2005 г.

Пункт	ИЗА <sub>5</sub>	Примесь	Средняя концентрация		Максимальная концентрация		Р,% выше ПДК
			мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	
Актау	3,4	<i>Пыль</i>	0,25	1,6	0,7	1,4	21
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,03		0,09	1,1	0,5
Актобе	10,0	<i>NO<sub>2</sub></i>	0,05	1,3	0,12	1,4	4
		<i>Формальдегид</i>	0,014	4,7	0,020		
Алматы	18,0	<i>Пыль</i>	0,19	1,2	0,7	1,4	2,5
		<i>CO</i>	3,0	1,0	17	3,4	11
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,06	1,50	0,80	9,4	20
		<i>Фенол</i>	0,002		0,014	1,4	0,7
		<i>Формальдегид</i>	0,022	7,3	0,062	1,8	15
Астана	3,6	<i>Пыль</i>	0,23	1,5	1,7	3,4	11
		<i>CO</i>	1,2		9	1,8	2
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,04	1,0	0,17	2,0	11
		<i>NF</i>	0,003		0,107	5,4	2
Атырау	1,2	<i>Пыль</i>	0,05		0,5	1,0	
Балхаш	1,6	<i>SO<sub>2</sub></i>	0,024		1,221	2,4	2
		<i>Пыль</i>	0,09		2,0	4,0	2
		<i>SO<sub>2</sub></i>	0,057	1,1	0,328		
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,09	2,2	0,25	2,9	51
		<i>Фенол</i>	0,002		0,020	2,0	3
Жезказган	5,4	<i>Пыль</i>	0,31	2,1	1,1	2,2	10
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,04	1,0	0,17	2,0	6
		<i>Фенол</i>	0,005	1,7	0,015	1,5	7
Караганда	15,5	<i>Пыль</i>	0,16	1,1	1,1	2,2	3
		<i>CO</i>	1,6		8	1,6	1
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,06	1,5	0,33	3,9	19
		<i>Фенол</i>	0,007	2,3	0,027	2,7	11
		<i>Формальдегид</i>	0,016	5,3	0,032		
Костанай	4,1	<i>CO</i>	1,8		23	4,6	2
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,07	1,8	0,29	3,4	32
Павлодар	1,4	<i>CO</i>	1,3		13	2,6	0,5
		<i>NO<sub>2</sub></i>	0,02		0,12	1,4	0,7
Петропавловск	4,5	<i>NO<sub>2</sub></i>	0,03		0,11	1,3	0,2
		<i>CO</i>	1,6		7	1,4	0,2
		<i>Формальдегид</i>	0,005	1,7	0,016		

Пункт	ИЗА <sub>5</sub>	Примесь	Средняя концентрация		Максимальная концентрация		Р, % выше ПДК
			мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	мг/м <sup>3</sup>	кратно ПДК	
Риддер	8,4	SO <sub>2</sub>	0,092	1,8	0,145		
		NO <sub>2</sub>	0,08	2,0	0,15	1,8	32
		Фенол	0,006	2,0	0,012	1,2	1
Семипалатинск	4,5	Фенол	0,002		0,013	1,3	2
		CO	3,5	1,2	11	2,2	12
		NO <sub>2</sub>	0,03		0,18	2,1	5
Тараз	8,7	CO	1,8		12	2,4	1
		NO <sub>2</sub>	0,06	1,5	0,25	2,9	15
		Формальдегид	0,010	3,3	0,038	1,1	0,3
Темиртау	8,4	Пыль	0,23	1,5	1,3	2,6	6
		NO <sub>2</sub>	0,02		0,16	1,9	0,7
		H <sub>2</sub> S	0,003		0,026	3,3	4
		Фенол	0,009	3,0	0,049	4,9	28
Уральск	0,5	NH <sub>3</sub>	0,07	1,8	0,33	1,7	2
		NO <sub>2</sub>	0,02		0,10	1,0	0,8
Усть-Каменогорск	12,0	Пыль	0,51	3,4	3,0	6,0	31
		SO <sub>2</sub>	0,097	1,9	1,614	3,2	0,8
		CO	1,8		17	3,4	1
		NO <sub>2</sub>	0,10	2,5	0,50	5,9	55
		Фенол	0,006	2,0	0,047	4,7	12
		Хлор	0,02		0,12	1,2	0,2
Шымкент	11,7	As	0,004	1,3	0,010		
		Пыль	0,22	1,5	0,8	1,6	0
		CO	2,3		12	2,4	6
		NO <sub>2</sub>	0,05	1,3	0,29	3,4	32
Экибастуз	1,3	Формальдегид	0,014	4,7	0,036	1,0	0,8
		CO	1,1		3		

Наибольшие средние концентрации взвешенных веществ (пыли) наблюдались в г. Усть-Каменогорске – 3,4 ПДК, в г. Алматы, г. Жезказгане, г. Актау, г. Астане, г. Темиртау, г. Караганде и г. Шымкенте составили 1...2 ПДК. В г. Усть-Каменогорске наблюдалась максимальная из разовых концентраций пыли – 6 ПДК, в пос. Глубокое – 4 ПДК, в г. Астане – 3 ПДК, в г. Жезказгане, г. Караганде и г. Темиртау – 2 ПДК, в г. Актау, г. Алматы, г. Атырау и г. Шымкенте – 1 ПДК.

Средние за квартал концентрации **диоксида серы** в г. Риддере, г. Усть-Каменогорске и пос. Глубокое – 1...2 ПДК. В г. Усть-Каменогорске отмечена максимальная из разовых концентраций диоксида серы она достигала выше 3 ПДК, в г. Балхаше выше 2 ПДК.

Средний уровень загрязнения воздуха **оксидом углерода** в г. Алматы и г. Семипалатинске составил 1,2 ПДК. В г. Костанай зарегистрирована максимальная из разовых концентраций оксида углерода – выше 4 ПДК, в г. Алматы и г. Усть-Каменогорске – 3 ПДК, в г. Павлодаре, г. Семипалатинске, г. Таразе и г. Шымкенте – 2 ПДК, в г. Астане, г. Караганде и г. Петропавловске – 1 ПДК.

Наибольшая средняя за квартал концентрация **диоксида азота**, 2,5 ПДК, наблюдалась в г. Усть-Каменогорске. В городах Актобе, Алматы, Шымкент, Жезказган, Караганда, Костанай, Риддер, Семипалатинск, Астана, Тараз и пос. Глубокое находилась в пределах 1...2,2 ПДК. Максимальная из разовых концентраций диоксида азота в г. Алматы превышала 9 ПДК, в г. Усть-Каменогорске – 5,9 ПДК, в городах Караганда, Костанай, Семипалатинск, Тараз, Шымкент и пос. Глубокое – 3...4 ПДК, в городах Актобе, Актау, Астана, Петропавловск, Жезказган, Павлодар, Риддер, Темиртау и Уральск – 1 ПДК.

Высокий уровень загрязнения воздуха **формальдегидом** (более 7 ПДК) наблюдался в г. Алматы. Средняя концентрация формальдегида в г. Актобе, г. Шымкенте и г. Караганде составили 4,7...5,3 ПДК, в г. Таразе – 3,3 ПДК, в г. Петропавловске – 1,7 ПДК. В г. Шымкенте, г. Алматы и г. Таразе зарегистрирована максимальная из разовых концентрации формальдегида выше 1 ПДК.

Средняя концентрация **фенола** в г. Темиртау составила 3 ПДК, в г. Караганде – 2,3 ПДК, в г. Риддере и г. Усть-Каменогорске – 2 ПДК, в г. Жезказгане – 1,7 ПДК. В г. Темиртау и г. Усть-Каменогорске зарегистрирована максимальная из разовых концентраций фенола около 5 ПДК, в г. Караганде – 2,7 ПДК, в г. Алматы, г. Жезказгане, г. Риддере, г. Семипалатинске и пос. Глубокое – 1...2 ПДК.

В г. Усть-Каменогорске среднемесячная концентрация **мышьяка** превышала допустимую норму. В г. Темиртау средняя и максимальная концентрация **аммиака** превышала 1 ПДК.

В г. Астане зарегистрирована максимальная из разовых концентраций **фтористого водорода** более 5 ПДК, **сероводорода** в г. Темиртау – 3 ПДК и **хлора** в г. Усть-Каменогорске – 1 ПДК.

В сравнении с 4 кварталом 2004 г. в городах Актау, Актобе, Астана, Жезказган, Костанай, Павлодар, Петропавловск, Уральск и Экибастуз состояние загрязнения атмосферного воздуха существенно не изменилось. В городах Караганда, Темиртау, Тараз, Риддер, Семипалатинск, Усть-Каменогорск и пос.

Глубокое отмечено увеличение уровня загрязнения воздуха, а в городах Балхаш, Атырау, Алматы и Шымкент – снижение (Табл. 1.2, рис. 1.1).

Таблица 1.2

Приоритетный список городов Казахстана по уровню загрязнения атмосферного воздуха

Город	ИЗА <sub>5</sub>			Отрасли промышленности, влияющие на состояние загрязнения воздуха
	1 кв. 2004г.	4 кв. 2004 г.	1 кв. 2005 г.	
Алматы	12,2	18,7	18,0	автотранспорт, энергетика
Караганда	10,6	14,0	15,5	энергетика, угледобывающая, автотранспорт
Шымкент	15,7	13,6	11,7	цветная металлургия, химическая, нефтеперерабатывающая
Актобе	7,8	9,6	10,0	черная металлургия, химическая
Тараз	7,4	7,7	8,7	химическая
Риддер	7,4	7,6	8,4	цветная металлургия, энергетика
Темиртау	6,3	7,7	8,4	черная металлургия, энергетика
Усть-Каменогорск	9,4	6,7	12,0	цветная металлургия, энергетика
Жезказган	5,0	5,0	5,4	цветная металлургия, энергетика
пос. Глубокое	5,1	4,1	5,6	цветная металлургия
Петропавловск	4,6	4,4	4,5	энергетика
Семипалатинск	4,5	3,5	4,5	энергетика, строительных материалов
Костанай	3,4	3,5	4,1	энергетика
Астана	3,4	3,0	3,6	автотранспорт, энергетика
Актау	4,9	3,8	3,4	химическая
Балхаш	2,0	4,6	1,6	цветная металлургия, энергетика
Павлодар	1,2	1,1	1,4	нефтеперерабатывающая, энергетика
Экибастуз	1,6	1,1	1,3	энергетика, угледобывающая
Атырау	0,6	2,2	1,2	нефтеперерабатывающая
Уральск	0,5	0,4	0,5	энергетика
<b>Средний ИЗА</b>	<b>5,68</b>	<b>6,12</b>	<b>6,49</b>	

По сравнению с 1 кварталом 2004 в городах Астана, Атырау, Балхаш, Жезказган, Павлодар, Петропавловск, Семипалатинск, Уральск,

Экибастуз и пос. Глубокое уровень загрязнения атмосферного воздуха значительно не изменился, в городах Актау и Шымкент снизился, в городах Актобе, Костанай, Караганда, Тараз, Алматы, Риддер, Темиртау и Усть-Каменогорск возрос (Табл. 1.2).

## 2 Качество поверхностных вод

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

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

По результатам наблюдений, выполненных подразделениями Казгидромета в 1 квартале 2005 года, наиболее загрязненным является бассейн реки Иртыш (Табл. 2.1).

Максимально загрязнены поверхностные воды рек **Брекса, Глубочанка и Красноярка** (ИЗВ – 15,27...27,22, 7 класс – «чрезвычайно грязные») при превышении ПДК по азоту аммонийному (до 2,3 ПДК), меди (2,5...25,7 ПДК), цинку (51,5...132 ПДК), нефтепродуктам (до 3,3 ПДК) и марганцу (9,7...23,8 ПДК).

Содержание загрязняющих веществ в реках **Тихая и Ульба** определялось по азоту аммонийному и нитритному (р. Тихая - до 4 ПДК), меди (до 8,6 ПДК), цинку (до 22,9 ПДК), нефтепродуктам (до 3,2 ПДК) и марганцу (до 7,9 ПДК). Индекс загрязненности воды этих рек равен 6,47...6,91 (6 класс – «очень грязные»).

Качество воды в реке **Бухтарма**, вдхр. **Бухтарминское** и **Усть-Каменогорское** относится к 3 классу – «умеренно загрязненные» (ИЗВ – до 1,94). Наблюдались превышения ПДК по меди и цинку (вдхр. Усть-Каменогорское – 5 ПДК) и нефтепродуктам (до 3,4 ПДК).

На участке г. Усть-Каменогорск – г. Семипалатинск – г. Павлодар индекс загрязненности воды реки **Иртыш** составляет 1,98...1,65, что соответствует 3-му классу – «умеренно загрязненные», при содержании в воде реки меди до 3,4 ПДК, цинка – 4,2 ПДК и нефтепродуктов до 3,2 ПДК.

Качество поверхностных вод реки **Уба** относится к 2 классу – «чистые» (ИЗВ – 0,97). Превышения ПДК наблюдались по нефтепродуктам (3 ПДК).

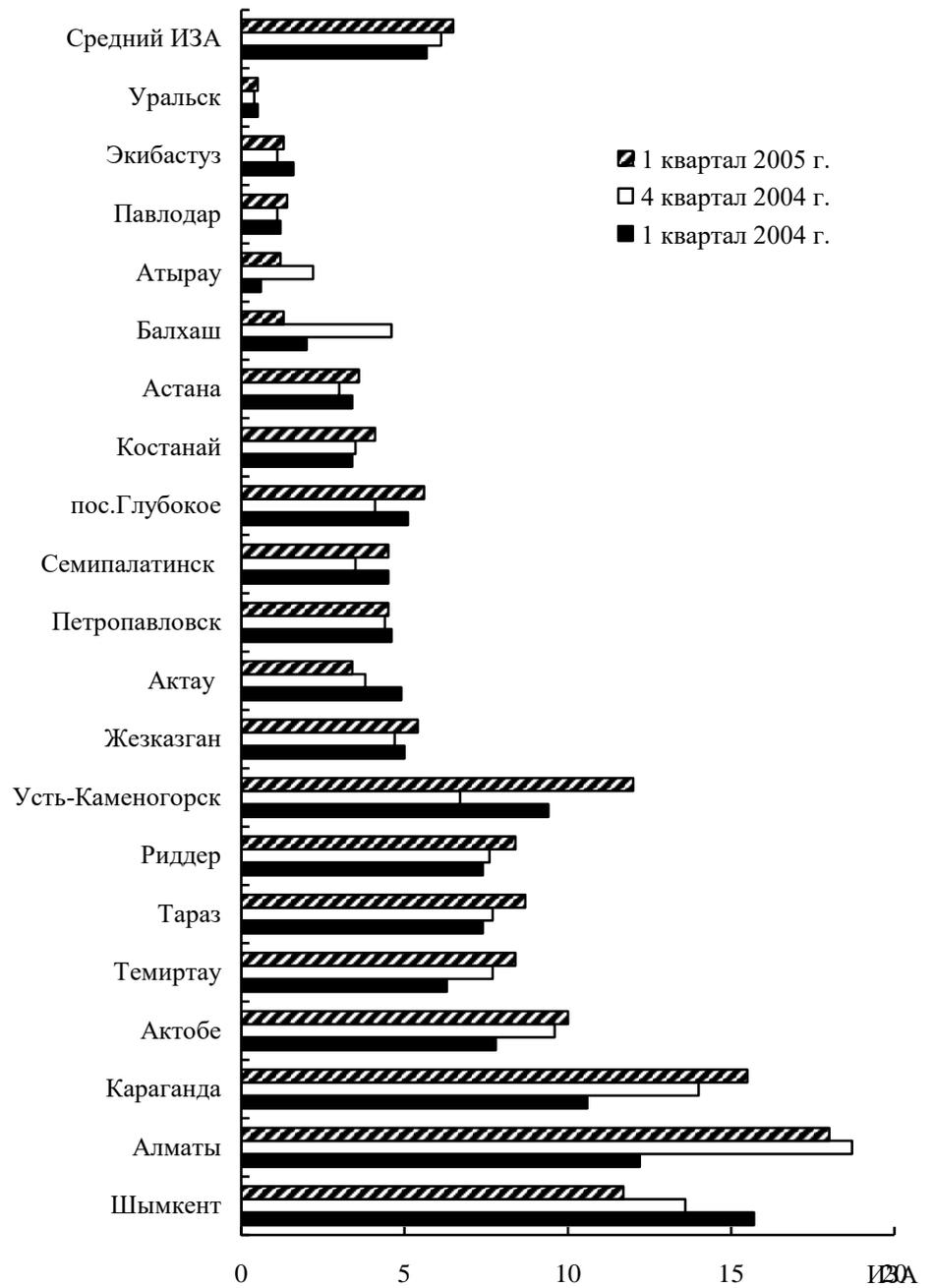


Рис. 1.1. Динамика индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) по городам Республики Казахстан.



## Состояние качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям в 1 квартале 2005 г.

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	1 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.	1 кв. 2005 г.				
р. Иртыш (Восточно-Казахстанская)	1,63	1,56	1,98	Медь	0,002	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Цинк	0,042	4,2	
				Нефтепродукты	0,15	3,0	
р. Иртыш (Павлодарская)	1,07	1,49	1,65	Медь	0,0034	3,4	3 класс, умеренно загрязненная
				Нефтепродукты	0,16	3,2	
р. Бухтарма (Восточно-Казахстанская)	1,64	1,57	1,34	Нефтепродукты	0,17	3,3	3 класс, умеренно загрязненная
р. Брекса (Восточно-Казахстанская)	14,97	23,50	15,27	Азот аммонийный	0,90	2,3	7 класс, чрезвычайно грязная
				Медь	0,0257	25,7	
				Цинк	0,515	51,5	
				Нефтепродукты	0,15	3,0	
				Марганец	0,097	9,7	
р. Тихая (Восточно-Казахстанская)	19,75	5,99	6,91	Азот аммонийный	1,60	4,0	6 класс, очень грязная
				Азот нитритный	0,063	3,2	
				Медь	0,0086	8,6	
				Цинк	0,190	19,0	
				Нефтепродукты	0,16	3,2	
				Марганец	0,079	7,9	
р. Ульба (Восточно-Казахстанская)	7,53	5,67	6,47	Медь	0,0021	2,1	6 класс, очень грязная
				Цинк	0,229	22,9	
				Нефтепродукты	0,12	2,4	

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	1 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.	1 кв. 2005 г.				
р. Глубочанка (Восточно-Казахстанская)	7,33	18,44	17,40	Марганец	0,075	7,5	7 класс, чрезвычайно грязная
				Азот аммонийный	0,82	2,1	
				Медь	0,0043	4,3	
				Цинк	0,764	76,4	
				Нефтепродукты	0,17	3,3	
				Марганец	0,183	18,3	
р. Красноярка (Восточно-Казахстанская)	9,24	21,55	27,22	Азот аммонийный	0,78	2,1	7 класс, чрезвычайно грязная
				Медь	0,0025	2,5	
				Цинк	1,32	132,0	
				Нефтепродукты	0,14	2,9	
				Марганец	0,238	23,8	
р. Уба (Восточно-Казахстанская)	1,40	3,05	0,97	Нефтепродукты	0,15	3,0	2 класс, чистая
вдхр. Бухтарминское (Восточно-Казахстанская)		0,67	1,14	Нефтепродукты	0,17	3,4	3 класс, умеренно загрязненная
вдхр. Усть-Каменогорское (Восточно-Казахстанская)		0,72	1,94	Медь	0,005	5,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Цинк	0,02	2,0	
				Нефтепродукты	0,17	3,4	
р. Урал (Западно-Казахстанская)	0,93	0,64	0,74	Фенолы	0,002	2,0	2 класс, чистая
р. Чаган (Западно-Казахстанская)	0,99	0,63	0,92	Фенолы	0,002	2,0	2 класс, чистая
р. Деркул (Западно-Казахстанская)	0,94	0,89	0,92	Фенолы	0,0026	2,6	2 класс, чистая
р. Большой Узень (Западно-Казахстанская)			0,57	Фенолы	0,002	2,0	2 класс, чистая
р. Илек (Актюбинская)	6,16	3,82	3,57	Бор	0,25	14,5	4 класс, загрязнен-

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	1 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.	1 кв. 2005 г.				
р. Тобол (Костанайская)	0,63	0,46	0,38	Хром (6+)	0,260	13,0	2 класс, чистая
р. Ишим (Северо-Казахстанская)	1,09	0,82	1,55	Железо общее	0,21	2,1	3 класс, умеренно загрязненная
				Цинк	0,022	2,2	
вдхр. Сергеевское (Северо-Казахстанская)	0,93	0,77	1,22	Железо общее	0,12	1,2	3 класс, умеренно загрязненная
				Цинк	0,21	2,1	
р. Ишим (Акмолинская)	1,02	0,66	0,91	Сульфаты	161	1,6	2 класс, чистая
				Нефтепродукты	0,07	1,5	
вдхр. Вячеславское (р. Ишим)	0,56	0,67	0,57	–	–	–	2 класс, чистая
р. Ак-Булак (г. Астана)	0,86	2,10	0,96	Сульфаты	148	1,5	2 класс, чистая
				Нефтепродукты	0,10	2,1	
р. Сары-Булак (г. Астана)	1,62	1,39	1,75	Сульфаты	282	2,8	3 класс, умеренно загрязненная
				Нефтепродукты	0,15	3,0	
р. Жабай (Акмолинская)	1,05	0,93	1,16	Сульфаты	168	1,7	3 класс, умеренно загрязненная
				Нефтепродукты	0,13	2,6	
р. Нура (Акмолинская)	1,41	1,29	1,77	Азот нитритный	0,060	3,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Сульфаты	358	3,6	
				Нефтепродукты	0,11	2,2	
оз. Копа (Акмолинская)	1,63	1,05	1,77	Азот нитритный	0,043	2,2	3 класс, умеренно загрязненная
				Сульфаты	449	4,5	
				Нефтепродукты	0,09	1,9	
оз. Боровое (Акмолинская)	0,51	0,35	0,56	–	–	–	2 класс, чистая
оз. Б. Чебачье (Акмолинская)	0,66	0,65	0,67	Сульфаты	198	1,9	2 класс, чистая

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	1 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.	1 кв. 2005 г.				
оз. Щучье (Акмолинская)	0,35	0,47	0,52				2 класс, чистая
р. Нура (Карагандинская)	2,21	2,05	2,26	Азот нитритный	0,09	4,4	3 класс, умеренно загрязненная
				Ртуть	0,00025	2,5	
р. Кара-Кенгир (Карагандинская)	2,92	3,61	2,54	Нефтепродукты	0,17	3,4	4 класс, загрязненная
				Медь	0,0052	5,2	
				Фенолы	0,002	2,0	
вдхр. Самаркандское (Карагандинская)	1,61	1,01	1,34	Нефтепродукты	0,14	2,8	3 класс, умеренно загрязненная
				Ртуть	0,00014	1,4	
вдхр. Кенгирское (Карагандинская)	2,17	2,21	2,57	Медь	0,0028	2,8	4 класс, загрязненная
				Нефтепродукты	0,37	7,4	
				Фенолы	0,002	2,0	
р. Или (Алматинская)	1,32	1,21	1,38	Медь	0,0034	3,4	3 класс, умеренно загрязненная
р. Шарын (Алматинская)	1,23	1,31	1,36	Медь	0,002	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. Шилик (Алматинская)	1,64	1,17	1,04	Медь	0,002	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Азот нитритный	0,04	2,0	
р. Тургень (Алматинская)	3,33	2,57	0,90	Железо общее	0,16	1,6	2 класс, чистая
р. Текес (Алматинская)	2,10	1,14	1,06	Железо общее	0,23	2,3	3 класс, умеренно загрязненная
р. Хоргос (Алматинская)	1,30	1,02	1,37	Медь	0,004	4,0	3 класс, умеренно загрязненная

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	1 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.	1 кв. 2005 г.				
р. Каркара (Алматинская)		1,06	1,05	Медь	0,002	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. Баянкол (Алматинская)		0,99	1,11	Медь	0,002	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
вдхр. Капчагайское (Алматинская)	1,30	1,24	1,01	Медь	0,003	3,0	3 класс, умеренно загрязненная
р. М. Алматинка (г. Алматы)	1,46	1,37	1,84	Азот нитритный	0,117	5,9	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,002	2,0	
р. Есентай (г. Алматы)	1,07	1,11	1,14	Азот нитритный	0,040	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,002	2,0	
р. Б. Алматинка (г. Алматы)	1,29	1,15	1,32	Азот нитритный	0,040	2,0	3 класс, умеренно загрязненная
				Железо общее	0,23	2,3	
				Фенолы	0,002	2,0	
р. Талас (Жамбылская)	0,68	0,66	0,74				2 класс, чистая
р. Шу (Жамбылская)	1,83	1,93	1,98	Медь	0,0048	4,8	3 класс, умеренно загрязненная
				Фенолы	0,002	2,0	
р. Асса (Жамбылская)	0,80	0,73	0,68				2 класс, чистая
вдхр. Ташуткульское (Жамбылская)	1,95	1,38	1,50	Медь	0,0019	1,9	3 класс, умеренно загрязненная
				Фенолы	0,002	2,0	
р. Сырдарья (Южно-Казахстанская)	2,00	2,14	2,10	<b>Сульфаты</b>	445	4,5	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,005	5,0	
р. Келес (Южно-Казахстанская)			3,71	<b>Сульфаты</b>	938	9,4	4 класс, загрязненная
				Медь	0,009	9,0	
р. Бадам			1,85	<b>Сульфаты</b>	289	2,9	3 класс, умеренно

Река (область)	ИЗВ			Вещество	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Характеристика качества воды
	1 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.	1 кв. 2005 г.				
(Южно-Казахстанская)				Медь	0,005	5,0	загрязненная
р. Бугунь (Южно-Казахстанская)			0,77	Медь	0,002	2,0	2 класс, чистая
р. Катта-Бугунь (Южно-Казахстанская)			0,69	Медь	0,002	2,0	2 класс, чистая
вдхр. Шардаринское (Южно-Казахстанская)	1,99	2,12	2,29	<b>Сульфаты</b>	434	4,3	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,006	6,0	
р. Бадам (Южно-Казахстанская)			2,12	<b>Сульфаты</b>	436	4,4	3 класс, умеренно загрязненная
				Медь	0,005	5,0	

Таблица 5.1

Химический состав атмосферных осадков (по данным наблюдений за 1 квартал 2005года)

Метеостанция	Количество осадков, мм	Сумма ионов, мг/дм <sup>3</sup>	pH	Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>										Концентрация микроэлементов, мкг/дм <sup>3</sup>				Электропроводность, мкСм/см <sup>2</sup>
				Анионы				Катионы						Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	
				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>						
<b>Акмолинская область</b>																		
Астана	37,7	44,32	6,73	16,15	5,63	0,69	8,13	0,51	3,56	1,60	2,37	5,64	10,8	21,0	0,6	0,2	83,5	
Боровое	38,4	13,14	5,86	3,15	2,39	1,56	1,61	0,23	1,86	0,81	0,28	1,23	6,3	17,9	0,3	0,2	24,7	
Щучинск	36,3	27,18	6,12	9,36	3,09	1,00	5,24	0,28	2,85	1,10	1,35	2,89	4,0	13,3	0,3	0,1	47,4	
<b>Актюбинская область</b>																		

Метеостанция	Количество осадков, мм	Сумма ионов, мг/дм <sup>3</sup>	pH	Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>										Концентрация микроэлементов, мкг/дм <sup>3</sup>				Электропроводность, мкСм/см <sup>2</sup>
				Анионы				Катионы						Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	
				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>						
Актобе	64,7	59,10	6,86	22,11	5,84	1,62	12,62	0,90	3,40	1,49	2,86	8,24	3,7	20,6	0,1	0,6	105,1	
Аяккум	44,4	233,05	7,07	71,54	12,03	0,75	84,46	3,82	12,03	9,38	17,70	21,31	3,5	24,0	0,1	0,8	378,5	
Мугоджарская	59,7	115,10	6,65	46,02	11,49	2,51	22,47	1,34	8,67	3,45	7,68	11,46	5,9	18,2	0,0	0,7	216,8	
Новороссийск	85,6	119,37	6,75	47,10	14,56	2,39	20,57	0,22	10,37	3,22	6,83	14,10	5,2	17,5	0,0	0,4	209,4	
Шалкар	51,9	48,41	6,44	17,26	7,06	0,34	8,42	0,31	5,87	0,69	2,06	6,38	3,8	21,8	0,1	0,6	94,0	
<b>Алматинская область</b>																		
Алматы	164,0	26,09	6,65	9,21	2,92	0,50	5,81	0,59	1,69	0,85	1,63	2,85	15,1	23,0	0,3	0,1	48,2	
Аул-4	23,3	151,71	6,98	53,58	12,56	0,70	40,18	1,42	12,64	6,19	7,93	16,48	7,6	17,7	0,1	0,3	257,2	
Есик	184,9	9,59	6,11	2,19	1,14	0,97	2,46	0,43	0,69	0,33	0,44	0,92	7,0	16,4	0,1	0,1	17,3	
Капчагай	81,4	18,93	6,16	4,71	2,28	1,30	5,05	0,21	1,58	0,56	1,17	2,05	7,7	20,0	0,1	0,3	33,9	
Мынжилки	113,5	5,36	5,76	0,79	1,14	0,48	1,21	0,17	0,60	0,24	0,17	0,54	4,3	12,7	0,0	0,1	9,9	
Текели	111,7	42,16	6,44	11,18	3,49	0,15	15,78	0,22	1,85	1,45	3,59	4,42	8,8	17,8	0,3	0,6	74,1	
<b>Атырауская область</b>																		
Атырау	13,9	564,13	6,97	263,26	82,62	2,58	35,93	1,02	66,22	5,81	27,22	79,44	12,0	20,3	0,3	0,2	1053,2	
Пешной	17,3	81,11	6,19	15,62	8,35	0,18	33,26	0,41	6,84	2,95	4,42	9,05	11,5	17,1	0,2	0,2	125,1	
<b>Восточно-Казахстанская область</b>																		
Большенарымское	26,1	14,08	5,86	3,89	1,46	1,58	2,86	0,41	1,35	0,60	0,62	1,29	1,2	16,9	0,0	0,3	15,2	
Лениногорск	55,9	74,79	6,50	21,24	7,68	3,28	20,42	0,28	3,76	4,64	5,83	7,62	7,9	23,9	0,3	0,4	137,6	

Метеостанция	Количество осадков, мм	Сумма ионов, мг/дм <sup>3</sup>	pH	Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>										Концентрация микроэлементов, мкг/дм <sup>3</sup>				Электропроводность, мкСм/см <sup>2</sup>
				Анионы				Катионы						Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	
				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>						
Семипалатинск	33,0	39,16	6,40	11,02	3,88	1,56	11,03	0,37	1,95	1,57	2,04	5,74	2,5	10,1	0,1	0,1	69,3	
Усть-Каменогорск	74,6	48,86	6,36	16,81	4,67	0,63	11,83	0,37	4,34	1,27	2,12	6,81	4,0	23,8	0,0	0,5	86,5	
<b>Жамбылская область</b>																		
Бурно-Октябрьское	143,9	61,09	7,22	2,23	1,48	0,97	41,15	0,54	1,30	0,85	2,90	9,64	4,9	22,6	0,5	0,4	81,2	
Жамбыл	184,4	11,48	5,75	2,90	1,94	0,22	2,66	0,29	1,40	0,58	0,34	1,12	8,4	29,9	0,4	0,5	21,2	
Толе-би	96,3	60,32	6,69	22,21	3,33	0,33	17,56	0,57	2,84	1,61	4,40	7,43	7,7	22,8	0,1	0,7	101,6	
<b>Западно-Казахстанская область</b>																		
Аксай	43,7	114,39	6,74	53,08	6,52	1,18	22,14	1,21	8,35	1,87	7,95	12,06	7,2	23,3	0,0	0,7	213,3	
Каменка	15,2	79,06	6,73	30,37	11,40	1,78	11,76	0,72	7,55	2,16	4,84	8,45	5,4	13,5	0,1	0,3	155,3	
Уральск																		
<b>Карагандинская область</b>																		
Балхаш	11,6	67,83	6,76	23,21	9,39	0,95	12,47	0,56	10,46	1,80	2,06	6,91	2,9	21,9	0,4	1,3	124,1	
Жезказган	34,6	25,21	6,13	10,66	3,00	1,26	2,87	0,57	2,04	0,86	1,30	2,61	15,0	17,7	1,3	1,0	50,2	
Караганда	56,4	33,64	6,19	9,98	5,19	1,09	6,96	0,46	3,45	0,93	1,38	4,15	3,8	29,6	0,1	0,6	60,4	
Караг. СХОЗ	42,5	167,89	6,93	58,52	12,35	4,00	47,53	0,61	5,86	4,63	15,99	18,36	4,9	25,9	0,4	0,3	310,1	
<b>Кызылординская область</b>																		
Аральское море	31,0	129,62	6,92	59,54	9,50	0,91	24,24	0,24	7,14	1,60	11,14	15,27	5,7	23,4	0,1	0,1	246,9	
Джусалы	20,5	79,42	7,06	24,40	12,15	0,09	18,34	1,46	9,54	2,29	1,13	9,99	4,1	26,7	0,1	0,1	138,8	

Метеостанция	Количество осадков, мм	Сумма ионов, мг/дм <sup>3</sup>	pH	Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>										Концентрация микроэлементов, мкг/дм <sup>3</sup>				Электропроводность, мкСм/см <sup>2</sup>
				Анионы				Катионы						Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	
				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>						
<b>Костанайская область</b>																		
Костанай	50,4	175,13	6,81	62,15	26,11	2,67	33,15	2,07	13,30	5,83	14,19	15,62	11,8	21,1	0,1	0,8	334,9	
<b>Мангистауская область</b>																		
Актау	44,6	93,31	7,02	19,63	15,02	2,01	29,11	0,78	10,65	1,63	3,33	11,13	4,9	14,9	0,0	0,5	154,0	
<b>Павлодарская область</b>																		
Иртышск	21,8	21,21	6,29	7,42	2,25	0,91	4,87	0,68	1,42	0,57	1,04	2,02	14,2	22,1	0,0	0,9	36,1	
Павлодар	43,4	44,48	6,01	15,51	7,38	1,17	5,56	0,52	6,54	1,43	1,38	4,96	8,2	27,9	0,0	0,7	82,8	
Экибастуз	28,6	235,85	7,01	50,82	26,31	0,66	98,21		17,01	12,29	5,72	13,96	1,4	19,8	0,3	0,0	367,4	
<b>Северо-Казахстанская область</b>																		
Петропавловск	48,3	30,02	6,21	9,66	2,81	0,28	8,52	0,82	2,26	0,89	1,95	2,80	5,8	22,4	0,1	0,3	54,9	
<b>Южно-Казахстанская область</b>																		
Казыгурт	292,5	364,40	7,02	130,01	44,10	0,33	91,69	4,54	8,11	3,29	35,99	46,29	16,5	28,3	0,4	0,2	716,8	
Шымкент	325,4	13,96	6,09	3,06	1,16	0,64	5,02	0,26	1,16	0,52	0,42	1,69	14,8	32,3	0,6	0,5	23,9	



Река **Урал, Чаган, Деркул и Большой Узень** (Западно-Казахстанская область) отнесены к 2 классу – «чистые» (ИЗВ – до 0,92). Выявлено превышение ПДК по фенолам (до 2,6 ПДК).

Река **Илек** в Актыубинской области относится к «загрязненным» водным объектам. Содержание бора составляет – 14,5 ПДК и шестивалентного хрома – 13 ПДК. Среднее значение ИЗВ – 3,57, по качеству вода реки 4-го класса.

Река **Тобол** (Костанайская область) по качеству воды относится к 2-му классу – «чистая», ИЗВ = 0,38. Превышения ПДК не наблюдались.

Река **Ишим** и вдхр. **Сергеевское** (Северо-Казахстанская область) характеризуются по качеству воды как «умеренно загрязненные» – 3 класс ИЗВ – 1,22...1,55. Отмечались превышения ПДК по железу общему до 2,1 ПДК и цинку до 2,2 ПДК.

Реки **Ишим, Ак-Булак** (г. Астана), вдхр. **Вячеславское** и озёра **Боровое, Щучье, Большое Чебачье** (Акмолинская область) по качеству воды относятся ко 2-му классу – «чистые», (ИЗВ – 0,52...0,96). Отмечены превышения ПДК по сульфатам (до 1,9 ПДК) и нефтепродуктам (до 2,1 ПДК). В вдхр. Вячеславское, озёрах Боровое и Щучье превышения ПДК не наблюдалось.

Реки **Сары-Булак** (г. Астана), **Нура, Жабай** и оз. **Копа** (Акмолинская область), характеризуется по качеству воды как «умеренно загрязненные» – 3 класс (ИЗВ – 1,16...1,77), при повышенном содержании азота нитритного (р. Нура и оз. Копа – до 3 ПДК), сульфатов (до 4,5 ПДК) и нефтепродуктов (до 3 ПДК).

Качество воды р. **Нура**, водохранилище **Самаркандское** (Карагандинская обл.) относятся к 3-му классу – «умеренно загрязненные» (ИЗВ – до 2,26). В поверхностных водах этих водных источников содержание загрязняющих веществ составило: в р. Нура по азоту нитритному 4,4 ПДК и ртути – 2,5 ПДК; в вдхр. Самаркандское по нефтепродуктам – 2,8 ПДК и ртути – 1,4 ПДК.

Качество воды в р. **Кара-Кенгир** и водохранилище **Кенгирское** (Карагандинская обл.) относится к 4 классу – «загрязненные» (ИЗВ – до 2,57). В поверхностных водах этих водных источников содержание загрязняющих веществ составило по меди до 5,2 ПДК, фенолам до 2 ПДК и нефтепродуктам до 7,4 ПДК.

Качество воды рек **Или, Шарын, Шилик, Текес, Хоргос, Каркара, Баянкол** и вдхр. **Капшагайское** (Алматинская область) соответствует 3

классу – «умеренно загрязненные» (ИЗВ 1,01...1,38), при повышенном содержании азота нитритного (р. Шилик – 2 ПДК), железа общего (р. р. Шилик и Текес – 2,3 ПДК) и меди (до 4 ПДК).

Река **Тургень** (Алматинская область) относится к 2 классу – «чистые» (ИЗВ – 0,90). ПДК наблюдались по железу общему до 1,6 ПДК.

Индекс загрязненности воды рек **Малая и Большая Алматинки** и **Есентай** (г. Алматы) соответствует 3 классу – «умеренно загрязненные» (ИЗВ до 1,84), при повышенном содержании по азоту нитритному до 5,9 ПДК, железу общему на р. Б. Алматинка – 2,3 ПДК, меди до 2 ПДК и фенолам на р. Б. Алматинка – 2 ПДК.

Реки **Талас** и **Асса** (Жамбылская область) определены как «чистые» (2 класс – ИЗВ до 0,74). Превышения ПДК не наблюдались.

Индекс загрязненности воды р. **Шу** и вдхр. **Ташуткульское** (Жамбылская обл.) составил 1,50...1,98 (3 класс – «умеренно загрязненная»), при содержании в воде реки и водохранилища меди до 4,8 ПДК и фенолов до 2 ПДК.

Качество воды в р. Келес (Южно-Казахстанская обл.) относится к 4 классу – «загрязненная» (ИЗВ – 3,71). Содержание загрязняющих веществ составило по меди – 9 ПДК) и сульфатов – 9,4 ПДК.

Индекс загрязненности воды р.р. **Сырдарья, Бадам** и вдхр. **Шардаринское** (Южно-Казахстанская обл.) составил 2,10...2,29 (3 класс – «умеренно загрязненная»), при содержании меди до 6 ПДК и сульфатов до 4,5 ПДК.

Повышенное содержание ПДК по меди наблюдались в р.р. **Бугунь** и **Катта-Бугунь** (Южно-Казахстанская обл.) – до 2 ПДК, ИЗВ = 0,69...0,77, качество поверхностных вод относится к 2 классу – «чистые».

Содержание загрязняющих веществ в р. **Сырдарья** (Кызылординская обл.) определялись по сульфатам (4,4 ПДК) и меди (5 ПДК). Индекс загрязненности воды составил 2,12, поверхностные воды реки относится к 3 классу – «умеренно загрязненные».

По сравнению с 4 кварталом 2004 года отмечаются следующие изменения качества поверхностных вод (рис. 2.2., Табл. 2.1).

По рекам Восточного Казахстана качество воды не изменилось в реках Иртыш, Бухтарма, Брекса, Красноярка и Глубочанка. По рекам Ульба и Тихая, вдхр. Бухтарминское и Усть-Каменогорское наблюдается ухудшение качество воды. В реке Уба улучшилось. В Западном Казахстане качество воды не изменилось. На территории Северного и Центрального Казахстана качество воды ухудшилось в реках Ишим (Северо-

Казахстанская обл), Жабай, вдхр. Сергеевское и Кенгирское; улучшилось в реке Ак-Булак и не изменилось по остальным водным объектам. В Южном Казахстане отмечено ухудшение качества воды в реке Баянкол; улучшение наблюдалось в реке Тургень. Для остальных наблюдаемых водных объектов качество воды осталось на прежнем уровне.

За этот же период отмечается ухудшение качества воды в реках находящихся под влиянием населенных пунктов: Ульба (рудн. Тишинский), Тихая (г. Риддер), Красноярка (с. Предгорное), Илек (г. Алга), Ишим (г. Петропавловск и с. Долматово), Жабай (г. Атбасар) и Нура (г. Темиртау). По другим наблюдаемым водным объектам, находящимся под влиянием городов и промышленных центров, качество воды не изменилось или несколько улучшилось: Уба (г. Шемонаиха), Ак-Булак (г. Астана) и Кара-Кенгир (г. Жезказган) (Табл. 2.2). В сравнении с 1 кварталом 2004 г. отмечаются следующие изменения качества поверхностных вод (рис. 2.1, Табл. 2.1).

По рекам Восточного Казахстана качество воды не изменилось в р. Иртыш, Брекса, Ульба и Бухтарма. По рекам Тихая и Уба наблюдается улучшение качества воды. В реках Глубочанка и Красноярка качество воды ухудшилось на один класс.

В Западном Казахстане качество воды улучшилось в р. Илек. В остальных наблюдаемых водных объектах не изменилось качество воды. На территории Северного и Центрального Казахстана качество воды улучшилось в р. Ишим (Акмолинская); ухудшилось в вдхр. Сергеевское и Кенгирское, оз. Копа и не изменилось по остальным водным объектам. В Южном Казахстане отмечено улучшение качества воды в р. Тургень; ухудшение – в р. Баянкол. Для остальных наблюдаемых водных объектов качество воды осталось на прежнем уровне.

За этот же период отмечается ухудшение качества воды в реках находящихся под влиянием населенных пунктов: Иртыш (г. Семипалатинск), Глубочанка (с. Белоусовка и пос. Глубокое), Красноярка (с. Предгорное), Нура (Темиртау). По другим наблюдаемым водным объектам, находящихся под влиянием городов и промышленных центров, качество воды не изменилось или несколько улучшилось: р.р. Иртыш (г. Усть-Каменогорск), Тихая (г. Риддер), Уба (г. Шемонаиха), Илек (г. Алга и Актобе) и Ишим (г. Астана) (Табл. 2.2).

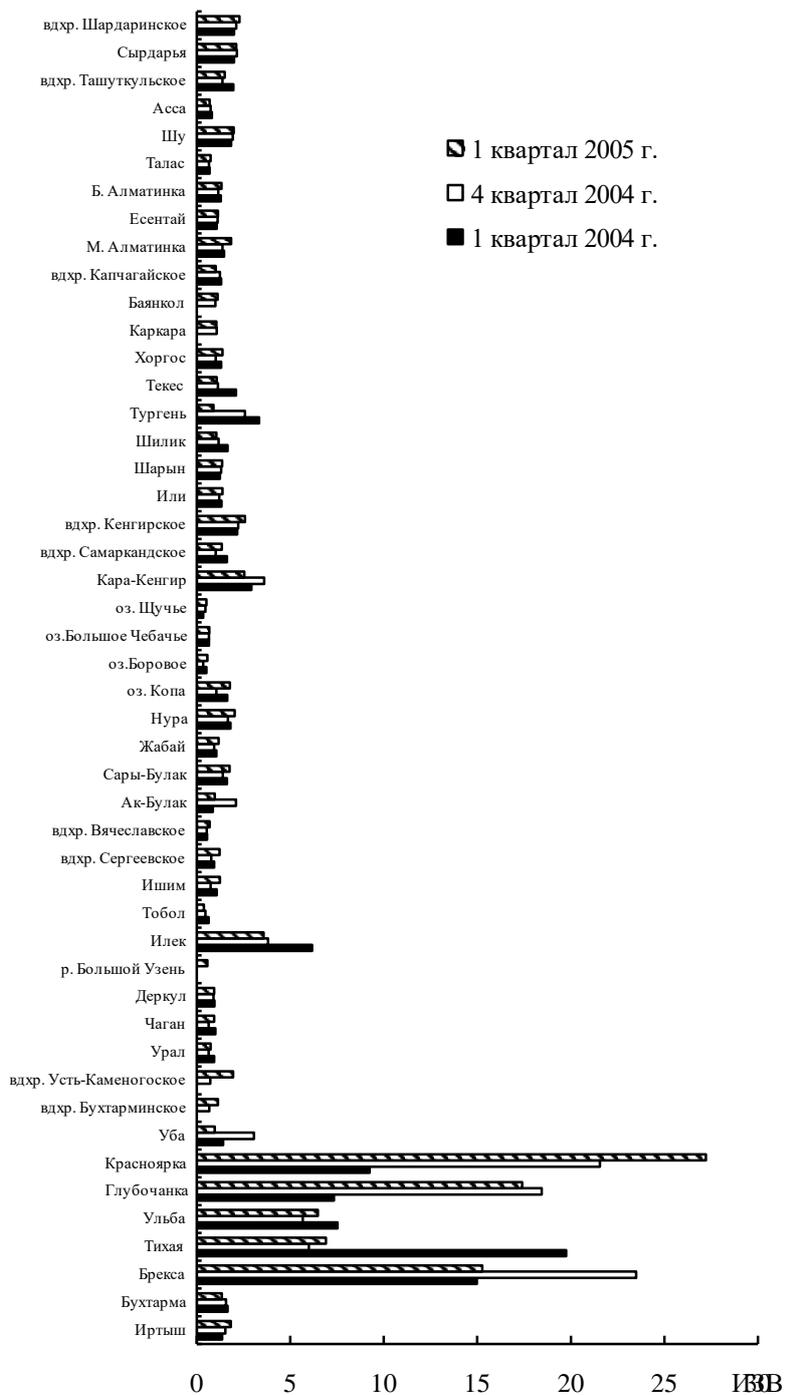


Рис. 2.1. Динамика индекса загрязненности воды рек Казахстана за 3 квартал 2004 г.

Таблица 2.2

Влияние населенных пунктов на уровень загрязненности поверхностных вод

Пункт контроля	ИЗВ			Характеристика качества воды
	1 кв. 2004 г.	4 кв. 2004 г.	1 кв. 2005 г.	
р. Иртыш, г. Усть-Каменогорск	2,16	1,60	1,54	3 кл., ум. загрязн.
р. Иртыш, г. Семипалатинск	0,78	1,48	1,21	3 кл., ум. загрязн.
р. Иртыш, г. Павлодар	1,09	1,44	1,64	3 кл., ум. загрязн.
р. Бухтарма, г. Зыряновск	1,35	1,56	1,34	3 кл., ум. загрязн.
р. Ульба, рудн. Тишинский	15,61	7,92	11,45	7 кл., чрезв. грязная
р. Ульба, г. Усть-Каменогорск	2,10	2,69	3,06	4 кл., загрязненная
р. Тихая, г. Риддер	19,61	5,99	6,83	6 кл., очень грязная
р. Брекса, г. Риддер	14,87	23,50	15,15	7 кл., чрезв. грязная
р. Глубочанка, с. Белоусовка	7,24	20,59	15,81	7 кл., чрезв. грязная
р. Глубочанка, с. Глубокое	7,57	16,23	20,12	7 кл., чрезв. грязная
р. Красноярка, с. Предгорное	9,11	21,50	27,11	7 кл., чрезв. грязная
р. Уба, г. Шемонаиха	1,33	2,73	0,96	2 кл., чистая.
р. Урал, г. Уральск	0,93	0,60	0,96	2 кл., чистая
р. Чаган, г. Уральск	0,99	0,63	0,91	2 кл., чистая
р. Деркул, п. Селекционный	0,94	0,89	0,92	2 кл., чистая
р. Илек, г. Алга	7,10	5,20	4,02	5 кл., грязная
р. Илек, г. Актюбинск	4,18	2,51	2,77	4 кл., загрязненная
р. Ишим, г. Петропавловск				
0,2 км выше города	1,03	0,70	1,30	3 кл., ум. загрязн.
4,8 км ниже города	1,11	0,76	1,57	3 кл., ум. загрязн.
р. Ишим, с. Долматово	1,13	0,96	2,22	3 кл., ум. загрязн.
р. Ишим, г. Астана				
3 км выше города	0,80	0,53	0,75	2 кл., чистая
в черте города	1,07	0,64	0,97	2 кл., чистая
8 км ниже города	1,14	0,82	0,92	2 кл., чистая
р. Ак-Булак, г. Астана	0,86	2,08	0,99	2 кл., чистая
р. Сары-Булак, г. Астана	1,62	1,39	1,60	3 кл., ум. загрязн.
р. Жабай, г. Атбасар	1,05	0,90	1,22	3 кл., ум. загрязн.
р. Нура, г. Темиртау	2,08	2,33	2,78	4 кл., загрязненная
р. Кара-Кенгир, г. Жезказган	3,33	4,00	2,81	4 кл., загрязненная
р. Талас, г. Тараз	0,72	0,79	0,84	2 кл., чистая
р. Тобол, г. Костанай	0,63	0,46	0,38	2 кл., чистая
р. М. Алматинка, г. Алматы	1,46	1,37	1,84	3 кл., ум. загрязн.
р. Есентай, г. Алматы	1,07	1,11	1,14	3 кл., ум. загрязн.
р. Б. Алматинка, г. Алматы	1,29	1,15	1,32	3 кл., ум. загрязн.
р. Бадам, г. Шымкент	2,08	2,05	1,75	3 кл., ум. загрязн.
Шардаринское вдхр.	1,99	2,12	2,29	3 кл., ум. загрязн.
р. Сырдарья, г. Кызылорда			2,03	3 кл., ум. загрязн.

### 3 Радиационный гамма-фон за 1 квартал 2005 года

Наблюдения за мощностью дозы гамма-излучения на местности осуществлялись ежедневно на 65 метеорологических станциях. Среднегодовые значения мощности дозы гамма-излучения, усредненные по областям, а также максимальные и минимальные значения представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Мощность дозы гамма-излучения за 1 квартал 2005 года

Область	Мощность дозы, мкЗв/ч		
	среднее	максимальное	минимальное
Акмолинская	0,13	0,19	0,06
Актюбинская	0,12	0,21	0,08
Алматинская	0,14	0,21	0,09
Атырауская	0,14	0,18	0,09
Восточно-Казахстанская	0,15	0,24	0,05
Западно-Казахстанская	0,12	0,15	0,08
Жамбылская	0,16	0,20	0,10
Карагандинская	0,14	0,20	0,09
Костанайская	0,11	0,16	0,06
Мангистауская	0,10	0,13	0,07
Павлодарская	0,13	0,24	0,07
Северо-Казахстанская	0,11	0,14	0,08
Южно-Казахстанская	0,13	0,19	0,09

Средние значения мощности дозы гамма-излучения за 1 квартал 2005 года по областям находятся в пределах 0,05...0,24 мкЗв/ч. В среднем радиационный гамма-фон составил 0,13 мкЗв/ч и находился в допустимых пределах [7].

### 4 Плотность радиоактивных выпадений за 1 квартал 2005 г.

Контроль за радиоактивным загрязнением приземной атмосферы за 1 квартал 2005 г. осуществлялся в 14 областях Казахстана на метеорологических станциях путем отбора проб воздуха горизонтальными планшетом. На всех станциях проводился пятисуточный отбор проб. Эффективность отбора проб планшетом составляет 0,7. Суммарная бетта-активность определялась на установках малого фона ПСО-2-4. Результаты лабораторных анализов приведены в табл. 4.1.

Среднесуточная плотность радиоактивных выпадений в приземной атмосфере на территории Республики Казахстан колебалась в пределах 0,8...1,3 Бк/м<sup>2</sup>. Средняя величина плотности выпадений за 1 квартал 2005 г. составила 1,1 Бк/м<sup>2</sup>.

Таблица 4.1

Плотность радиоактивных выпадений в приземной атмосфере на территории Республики Казахстан за 1 квартал 2005 года, Бк/м<sup>2</sup>

Населенный пункт	Плотность радиоактивных выпадений										
	месяц									среднее	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<b>Акмолинская</b>											
Астана	0,9	1,3	0,9								1,0
Атбасар	1,2	-	-								1,2
Боровое	1,1	1,3	1,1								1,2
Кокшетау	1,0	1,1	1,2								1,1
Степногорск	1,2	1,2	0,9								1,1
По области											<b>1,1</b>
<b>Актюбинская</b>											
Актобе	1,0	1,3	1,2								1,2
Караул-Кельды	1,0	1,2	1,2								1,1
Шалкар	1,0	1,3	1,2								1,2
По области											<b>1,2</b>
<b>Алматинская</b>											
Алматы	1,3	1,3	1,2								1,3
Жаркент	0,9	1,1	0,9								1,0
Лепсинск	0,9	1,3	1,2								1,1
Нарынкол	1,1	1,2	0,8								1,0
Талды-Корган	1,0	1,3	1,3								1,2
По области											<b>1,1</b>
<b>Атырауская</b>											
Атырау	1,0	1,0	0,9								1,0
<b>Восточно-Казахстанская</b>											
Аягуз	1,2	1,3	1,1								1,2
Баршатаг	1,1	1,2	1,0								1,1
Зайсан	0,8	-	1,1								0,9
Кокпекты	0,9	1,3	0,9								1,0
Семипалатинск	1,1	1,3	1,2								1,2
Усть-Каменогорск	0,8	1,1	0,9								1,0
По области											<b>1,0</b>
<b>Жамбылская</b>											
Тараз	1,1	1,3	1,1								1,2
Толеби	1,0	1,1	1,0								1,0
Чиганак	1,1	1,0	0,9								1,0
По области											<b>1,1</b>
<b>Карагандинская</b>											
Балхаш	1,1	1,2	1,2								1,2
Жезказган	0,9	1,2	0,9								1,0
Караганда	1,0	1,2	1,3								1,2
По области											<b>1,1</b>

Населенный пункт	Плотность радиоактивных выпадений										среднее
	месяц										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<b>Костанайская</b>											
Костанай	0,9	1,1	1,0								1,0
<b>Мангистауская</b>											
Актау	1,2	1,3	0,9								1,1
Форт Шевченко	1,0	1,0	1,0								1,0
По области											<b>1,1</b>
<b>Павлодарская</b>											
Иртышск	1,1	1,3	0,8								1,1
Павлодар	0,9	1,2	1,0								1,0
Экибастуз	0,9	1,1	1,0								1,0
По области											<b>1,0</b>
<b>Северо-Казахстанская</b>											
Петропавловск	0,9	1,2	0,9								1,0
<b>Южно-Казахстанская</b>											
Шымкент	1,1	1,3	0,9								1,1
Туркестан	0,9	1,3	0,9								1,0
По области											<b>1,1</b>

### 5 Химический состав атмосферных осадков за 1 квартал 2005 года

Наблюдения за химическим составом атмосферных осадков заключались в отборе проб дождевой воды на 40 метеостанциях (табл. 5.1).

По программе Всемирной метеорологической организации в пробах осадков определялись анионы – сульфаты, хлориды, нитраты; катионы – аммоний, натрий, калий, кальций, магний; микроэлементы – свинец, медь, кадмий, мышьяк, кислотность и удельная электропроводимость.

Для оценки состояния загрязнения атмосферных осадков используются значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для водоемов хозяйственно – питьевого и коммунально-бытового водопользования (СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода»).

#### Анионы

В первом квартале 2005 года концентрации сульфатов в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации сульфатов в атмосферных осадках на территории Казахстана зафиксировано на метеостанции Атырау – 263,26 мг/дм<sup>3</sup>. Минимальные концентрации сульфатов в атмосферных осадках наблюдаются на метеостанции Мынжылки Алматинской области – 0,79 мг/дм<sup>3</sup>.

Среднемесячные концентрации хлоридов в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации хлоридов в атмосферных осадках на территории Казахстана зафиксировано в Атырау – 82,62 мг/дм<sup>3</sup>. Минимальные концентрации хлоридов наблюдаются на метеостанции Есик Алматинской области – 1,14 мг/дм<sup>3</sup>.

Среднемесячные концентрации нитратов в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации нитратов в атмосферных осадках на территории Казахстана зафиксировано на метеостанции Карагандинский СХОЗ Карагандинской области – 4,00 мг/дм<sup>3</sup>. Минимальные концентрации нитратов наблюдаются на метеостанции Текели Алматинской области – 0,15 мг/дм<sup>3</sup>.

Среднемесячные концентрации гидрокарбонатов в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации гидрокарбонатов на территории Казахстана зафиксировано на метеостанции Экибастуз Павлодарской области – 98,21 мг/дм<sup>3</sup>.

#### Катионы

В первом квартале 2005 года фоновые концентрации аммония в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации аммония в атмосферных осадках на территории Казахстана зафиксировано на метеостанции Экибастуз Павлодарской области (10,84 мг/дм<sup>3</sup>).

Среднемесячные концентрации натрия в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации натрия на территории Казахстана зафиксировано на метеостанции Атырау – 66,22 мг/дм<sup>3</sup>.

Среднемесячные концентрации калия в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации калия в атмосферных осадках на территории Казахстана зафиксировано в Павлодарской области на метеостанции Экибастуз – 12,29 мг/дм<sup>3</sup>.

Среднемесячные концентрации магния в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации магния в атмосферных осадках на территории Казахстана зафиксировано на метеостанции Казыгурт Южно – Казахстанской области – 35,99 мг/дм<sup>3</sup>.

Среднемесячные концентрации кальция в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации кальция в атмосферных осадках на территории Казахстана зафиксировано на метеостанции Атырау – 79,44 мг/дм<sup>3</sup>.

#### Сумма ионов

В первом квартале 2005 года суммы ионов в атмосферных осадках на территории оставались в пределах нормы. Максимальные значения суммы ионов в атмосферных осадках на метеостанции Атырау составило 564,126 мг/дм<sup>3</sup>.

#### Тяжелые металлы

В первом квартале 2005 года фоновые концентрации свинца в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации свинца в атмосферных осадках на территории Казахстана зафиксированы на метеостанциях Казыгурт Южно-Казахстанской области – 16,5 мкг/дм<sup>3</sup>, Алматы – 15,1 мкг/дм<sup>3</sup> и Жезказган – 15,0 мкг/дм<sup>3</sup>.

Среднемесячные фоновые концентрации меди в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации меди в атмосферных осадках на территории Казахстана выявлены в Караган-

динской области на метеостанции Караганда – 29,6 мкг/дм<sup>3</sup> и на метеостанции Жамбыл Жамбылской области – 29,9 мкг/дм<sup>3</sup>.

Среднемесячные фоновые концентрации мышьяка в атмосферных осадках оставались в пределах нормы. Максимальные концентрации мышьяка в атмосферных осадках на территории Казахстана выявлены на метеостанции Жезказган Карагандинской области – 1,3 мкг/дм<sup>3</sup>.

Зафиксированы превышения ПДК концентрации кадмия в атмосферных осадках, на метеостанциях Балхаш и Жезказган Карагандинской области (1..1,3 ПДК), при средних концентрациях кадмия в атмосферных осадках 1,0...1,3 мкг/дм<sup>3</sup>.

#### Удельная электропроводимость

Удельная электропроводимость атмосферных осадков на территории Казахстана колеблется от 9,91 до 1053,2 мкСим/см. Максимальные значения электропроводимости на территории Казахстана наблюдается на метеостанции Атырау Атырауской области – 1053,2 мкСим/см. Среднемесячные величины рН осадков на территории Казахстана стабильны. Диапазон изменения величины рН составил 5,75...7,07.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГН 2.1.6.695-98. РК 3.02.036.99. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – М.: Минздрав России, 1998. – С. 2-69.
2. ГН 2.1.6.696-98. РК 3.02.037.99. Гигиенические нормативы. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – М.: Минздрав России, 1998. – С. 70-201.
3. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Госком по гидрометеорологии. Минздрав. – М.: 1991. С.383-425.
4. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: Роскомрыболовство, 1993.
5. РК 3.01.067.97. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.559-96. – М.: Госкомсанэпиднадзор России. 1996. – 111 с.
6. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. Госком по гидрометеорологии. М.: 1988. 10 с.
7. СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Алматы, Агентство по делам здравоохранения РК. – 2000. – 80 с.

Центр экологического мониторинга окружающей среды Республики Казахстан







**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҚОРШАҒАН ОРТАСЫНЫҢ 2005  
ЖЫЛДЫҢ 1-ТОҚСАНЫНДАҒЫ ЛАСТАНУ ЖАҒДАЙЫ**

Геол.-мин. ғылымд. канд. Е.Ж. Муртазин  
Н.У. Бултеков

*Қоршаған ортаның ластануы туралы ақпарат «Қазгидромет» РМК ұлттық гидрометеорологиялық қызметтің бақылау орындарында қоршаған ортаның экологиялық мониторингін жүргізу жөніндегі арнаулы бөлімшелерінің негізінде дайындалды.*

**УМИРБЕК УСПАНОВИЧ УСПАНОВ  
ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ И ОРГАНИЗАТОР ПОЧВЕННОЙ  
НАУКИ КАЗАХСТАНА**

(к 100-летию со дня рождения)



В августе 2006 г. исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося казахстанского почвовед, талантливый организатора науки и первого руководителя ордена Трудового Красного Знамени Института почвоведения Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, члена корреспондента АН КазССР, заслуженного деятеля науки Республики Казахстан Умирбека Успановича Успанова. Почти 60 лет плодотворно трудился Умирбек Успанович в области почвоведения отдавая все свои знания, богатый опыт и неутомимую энергию делу изучения почв Казахстана, подготовке и воспитанию научных кадров. Убежденный последователь и видный продолжатель докучаевской географо-генетической школы почвоведения У.У. Успанов внес большой вклад в развитие почвенной науки и удовлетворение запросов народного хозяйства Казахстана.

Выходец из семьи бедняка-пастуха, рано лишившись родителей и познавший всю тяжесть батрацкой жизни, Умирбек Успанович с детских лет испытывает большое желание и интерес к знаниям, науке. Его отец-чабан у баев – наказывал сыну «Учись и будь справедлив к людям. Друзей среди баев не ищи, тебе с ними не по пути». После смерти отца (1919 г.) на плечи 13-летнего сына легла тяжелая ноша житейских забот, нужно было

кормить семью. За мешок муки и чашку соли пришлось гнуть спину в работниках. Но он уверенно говорил «Хочу помощником земли стать, хочу, чтобы вместо серой полыни рос хлеб, деревья цвели». И он достиг своего.

После окончания в ауле Тогузак Кустанайского уезда трехгодичной начальной и в г. Кустанае четырехклассной русско-казахской школы в 1922 г. Умирбек Успанович по путевке Кустанайского губкома комсомола и губполитпроса с группой сверстников направляется в Саратовскую школу-интернат. Успешно закончив школу в 1925 году он продолжает свое образование в Оренбургском рабфаке, а в 1927...1931 гг. на факультете агрохимии и почвоведения Тимирязевской сельскохозяйственной академии в г. Ленинграде и затем Москве. Здесь он слушает лекции выдающихся отечественных почвоведов.

В 1931 году Умирбек Успанович первым среди казахской молодежи получает высшее профессиональное образование по специальности агронома-почоведа. Но вузовское образование не останавливает его на пути к знаниям. Неутомимый, наделенный острым аналитическим умом, Умирбек Успанович решил всецело посвятить себя любимой науке-почвоведению. В 1931 году он поступает в аспирантуру при Всесоюзном Институте удобрения и агропочвоведения, а в 1932 году в соответствии с решением Казкрайкома ВКП(б) и Президиума АН СССР о подготовке кадров для казахстанской базы АН СССР направляется в спецаспирантуру при Почвенном Институте им. В.В. Докучаева. Здесь, под руководством профессоров Е.Н. Ивановой и И.П. Герасимова, У.У. Успанов в лабораторно-полевых условиях ведет глубокие и всесторонние научные исследования малоизученных практически важных вопросов гипсования солонцов, генезиса и мелиорации такыров. В очень трудных экономических условиях страны, на ограниченные материальные средства Умирбек Успанович выезжает в экспедицию в малодоступные районы Кунья-Ургенческих такыров в низовьях р. Амударьи Туркменистана. В знойной безводной пустыне с одним ишаком он занимается изучением генетико-мелиоративных свойств такыров.

В мае 1937 г. У.У. Успанов успешно защищает диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук на тему «Генезис и мелиорация такыров».

В своей первой научной работе молодой ученый демонстрирует самостоятельность суждений, прекрасное знание специальной литературы, оригинальность мысли и творческую зрелость. Автор выдвигает и успешно

отстаивает почвенно-геологическую теорию генезиса такыров, предлагает научно-обоснованные методы их мелиорации. Научные руководители Е.Н. Иванова и И.П. Герасимов и официальные оппоненты Л.И. Прасолов и Б.Б. Польшов высоко оценили диссертационную работу Успанова как «...крупный и оригинальный вклад в специальную литературу по почвам Средней Азии». Работа У.У. Успанова «Генезис и мелиорация такыров» в 1940 г. была опубликована отдельной книгой, удостоена премии ЦК ВЛКСМ и почетной грамотой ЦК ЛКСМ Казахстана. Эта работа не потеряла своего научного и практического значения и в настоящее время.

Будучи студентом, а затем и аспирантом, Умирбек Успанович неоднократно принимал участие в полевых экспедиционных исследованиях по изучению почв Семипалатинской (1929 г.), Алматинской (1930 г.), Акмолинской (1931 г.) областей, Северном Кавказе (1930 г.), Киргизии и на юге Казахстана (1931 г.), Московской, Горьковской и Ивановской областях (1932 г.). Материалы этих исследований в разные годы были опубликованы в печати.

В 1936 году вернувшись в Алма-Ату У.У. Успанов приступает к активной научной и научно-организационной работе в Казахстанской базе АН СССР. Его первые самостоятельные научные исследования того времени связаны с освоением для нужд народного хозяйства района крупного меднорудного месторождения Большого Джекказгана. На бурых солонцеватых почвах вблизи г. Джекказгана на правом берегу р. Кенгир он организует опытную станцию по мелиорации пустынных почв. Разработанные здесь методы освоения почв позволили успешно выращивать многие сорта овощных культур, кустарники и кормовые травы. Выполненные на опытной станции исследования послужили научной основой для создания сельскохозяйственной базы вокруг промышленной зоны сурового по климатическим и почвенно-мелиоративным условиям района Большого Джекказгана. В течение трех летних опытных испытаний было выведено 70 сортов древесных, кустарниковых, плодово-ягодных и лекарственных растений, отличающихся высокой морозо-засухо- и солеустойчивостью, пригодных для широкого освоения в условиях засушливой пустыни Центрального Казахстана. Исследованиями было установлено, что в процессе ирригационного освоения бурых пустынных солонцеватых и карбонатных почв:

- изменяется морфологический профиль почв за счет образования культурно-пахотного слоя и уплотнения подпахотного горизонта;

- ухудшаются физические свойства за счет увеличения объемной массы (до 1,4...1,6 г/см<sup>3</sup>) и уменьшения порозности (до 25...30 %);
- снижается водопроницаемость;
- в профиле образуется плотная почвенная корка;
- происходит подъем уровня грунтовых вод и вторичное засоление почв.

Для предупреждения образования отрицательных агрофизических свойств почвы были рекомендованы дренаж и биологические методы рассоления путем возделывания солевыносливых культур и дикорастущих растений.

Помимо опытных работ на Джезказганской станции У.У. Успанов ведет большие почвенно-географические и почвенно-мелиоративные исследования в пустынных и пустынно-степных районах Центрального Казахстана: Джезказган-Улутауском, Торгайском, Шалкар-Аральском, Бетпакдалинском, Западном Прибалхашье, долинах рек Ишим, Нура, Сарысу, Токрау и др. Научные результаты этих исследований были опубликованы в научных статьях У.У. Успанова: «О почвенных условиях подсобных хозяйств Большого Джезказгана» (1940), «Освоение пустынь Центрального Казахстана» (1943), «К эволюции взглядов о бурых почвах» (1947), «К вопросу об освоении водо-земельных ресурсов Джезказганского района» (1949), «Почвы Джезказганского промышленного района» (1954) и многих других. В этих работах автор глубоко и всесторонне освещает широкий круг научных проблем: особенности формирования, свойства и классификационное положение пустынных и пустынно-степных почв, определяет почвенные ресурсы и намечает научные основы освоения почв обширного и малоизученного региона.

В 1938 году по решению правительства Казахская база АН СССР была реорганизована в Казахский филиал АН СССР. Совместно с К.И. Сатпаевым У.У. Успанов принимает деятельное участие в организации филиала, в котором он занимает должность заместителя председателя Президиума Казфилиала АН СССР. В 1939 году по инициативе У.У. Успанова в составе Казфилиала АН СССР был организован почвенный сектор – прообраз будущего Института почвоведения АН КазССР.

В 1941...1942 гг. У.У. Успанов добровольцем служит в рядах советской армии в составе особой бригады Среднеазиатского военного округа г. Алматы.

Умирбек Успанович участвовал во всех стадиях подготовительных работ по организации Академии наук Казахской ССР, созданной в 1945 г.. Со дня создания при АН КазССР Института почвоведения и до ухода на пенсию в 1968 г. по состоянию здоровья и личной просьбе Умирбек Успанович в течение почти 25 лет был бессменным директором, а в последующем (до кончины в 1993 г.) заведующим отдела географии и картографии почв и научным консультантом Института почвоведения.

В этот период наиболее ярко проявляется талант У.У. Успанова как крупного организатора науки и научных исследований в Республике, как авторитетного ученого с широким диапазоном знаний, умело сочетающего интересы науки о почве и практики земледелия. Всесторонне продуманная стратегия научного поиска в соответствии с запросами народного хозяйства, умелая концентрация научных сил и материальных средств на решающих направлениях почвоведения, хороший творческий климат в коллективе позволили Умирбеку Успановичу вывести Институт почвоведения АН КазССР в ряд крупнейших научных центров на Евразийском материке.

Подлинно государственный подход к решению практических задач почвоведения и запросов сельского хозяйства проявились у Умирбека Успановича когда он возглавлял методические и обширные исследовательские работы по отбору пахотнопригодных целинных и залежных земель для их освоения и организации новых зерновых хозяйств в Казахстане (1964 г.). За короткое время было обследовано около 100 млн. га земель и рекомендовано для первоочередного освоения в северных областях Казахстана 22,6 млн. гектар лучших по качеству черноземов и темнокаштановых почв. Эти работы во многом способствовали прогрессу сельскохозяйственного производства, превращению Казахстана в крупнейшую житницу страны по производству высококачественного товарного зерна твердых и сильных сортов.

Под руководством и непосредственном участии У.У. Успанова коллектив Института почвоведения АН КазССР (ныне МСХ РК) провел крупные по объему и значительные по содержанию почвенно-географические, почвенно-мелиоративные, стационарные и лабораторные исследования в Казахстане. В результате были созданы методические указания и инструкции по картографированию почв, изучены в разной степени детальности почвы всей территории республики, разработаны научные основы их классификации, диагностики и агропроизводственной группировки, выявлен количественно-качественный состав земельных ресурсов и определены резервы пахотнопригодных земель для их сельскохозяйственного освоения.

Были составлены мелко- и среднемасштабные почвенные карты всех областей Казахстана и на их основе подсчитаны площади почв по агропроизводственным группам и в разрезе почвенных зон, подзон и административных областей. На основе теоретического обобщения материалов опубликованы 14 выпусков серийной монографии «Почвы Казахской ССР», по праву называемой «энциклопедией почв Казахстана». Главным редактором большинства выпусков монографий являлся У.У. Успанов.

Все эти работы позволили уточнить состав и структуру почвенного покрова природных зон и подзон республики, выявить закономерности их формирования и географического распространения, провести почвенно-географическое, мелиоративное и эрозионное районирование территории.

У.У. Успанов является автором и ответственным редактором новой многокрасочной почвенной карты Казахской ССР в масштабе 1:2500000, изданной ГУГК в 1976 г. Карта удостоена диплома первой степени ВДНХ СССР, демонстрирована на выставке по случаю 250-летия Академии наук СССР и X международном конгрессе почвоведов в Москве, где получила высокую оценку специалистов. Эта карта имеет большое практическое значение для планирующих и проектных организаций как исходный материал, позволяющий наиболее целесообразно размещать народно-хозяйственные объекты. Огромное значение карта имеет и как учебное пособие для преподавателей и учащихся учебных заведений. Материалы всех этих исследований широко используются при планировании, проектировании и практическом осуществлении мероприятий по освоению, мелиорации и комплексному хозяйственному использованию земель Республики Казахстан.

Некоторые итоги этих объемных исследований были обобщены и опубликованы У.У. Успановым в научных статьях: «Состав земфонда Казахстана по почвам» (1946), «Почвоведение и земледелие» (1948), «Опыт агропроизводственных подразделений целинных и залежных земель Северного Казахстана» (1955), «Почвенно-мелиоративная характеристика Северного Прикаспия» (1956), «Природные, природно-хозяйственные зоны и пахотнопригодные земли Казахстана» (1958), «Русско-казахский терминологический словарь по почвоведению» (1961), «Научные основы рационального использования земель Казахстана» (1964), «Почвенно-географические зоны и земельные ресурсы Казахской ССР» (1967), «Почвенные зоны, подзоны Казахстана и принципы агропроизводственной группировки почв» (1968) и многих других.

Своими исследованиями по разработке научных основ рационального использования земель и повышения плодородия почв Казахстана Институт почвоведения МСХ РК внес существенный вклад в развитие почвенной науки и реализацию Продовольственной программы страны. Большая доля заслуги в этом, несомненно, принадлежит У.У. Успанову – руководителю и организатору работ.

У.У. Успанов был инициатором и в течение многих лет осуществлял научно-методическое руководство комплексной работой по мониторинговому изучению динамики почвенных процессов черноземов и темно-каштановых почв Северного Казахстана и изменению их природных свойств при окультуривании. На целине и старопахотных почвах, на различных агрофонах всесторонне изучаются водно-физические свойства почв, их пищевой, воздушный и температурный режимы, состав и свойства гумуса, интенсивность разложения и накопления органического вещества, количественный и качественный состав микрофлоры и биологическая активность почв. Исследования показывают, что при правильном использовании почв с соблюдением требуемых в данной зоне необходимых агротехнических мероприятий в освоенных почвах по сравнению с целиной улучшаются отдельные показатели водно-физических свойств, воздушный и температурный режимы, активизируется деятельность почвенной микрофлоры. В старопахотных почвах создаются благоприятные условия для повышения биологической активности, подвижности гумуса и мобилизации легкоусвояемых форм азота, фосфора и калия. Происходит повышение эффективного плодородия почв, где внесение компенсирующих потери гумуса доз удобрений становится первостепенной необходимостью. Многолетние режимные исследования почв освоенной целины и полученные при этом результаты послужили и служат в настоящее время научной основой для осуществления рациональных методов управления почвенными процессами, позволяют глубже познать вопросы генезиса и эволюции чернозёмов и каштановых почв.

Основные результаты исследований У.У. Успанова опубликованы в многочисленных монографиях и научных статьях. Многие его научные разработки вошли в фундаментальные труды о почвах и земельных ресурсах, обзорные и региональные почвенные карты Евразийского материка и мира. Умирбек Успанович успел подготовить шесть кандидатов и двух докторов наук.

Научные труды Умирбека Успановича посвящены решению важнейших теоретических и практических проблем современного почвоведения: гене-

зиса, географии, классификации и агропроизводственной группировки почв, учету и качественной оценке почвенных ресурсов, разработке научных основ правильного и наиболее эффективного хозяйственного использования земельного фонда Казахстана. Они широко используются государственными органами при разработке практических мероприятий по освоению, рациональному использованию и охране почвенного покрова Республики.

Имя У.У. Успанова хорошо известно во многих зарубежных странах. Он посещал Китайскую Народную Республику, Индию, Румынию, участвовал в работе ЮНЕСКО в Париже, по проблемам изучения засушливых зон мира, выступал в США на XII Международном конгрессе почвоведов с докладом о почвах Казахстана и освоении целинных земель, присутствовал на первом семинаре ФАО ЮНЕСКО по вопросам классификации и картографии почв Азии. На X Международном конгрессе почвоведов У.У. Успанов выступил с демонстрацией новой почвенной карты Казахской ССР.

За заслуги в области почвоведения, общественной деятельности и активное участие в освоении целинных и залежных земель, разработке проблем рационального использования земель Казахстана У.У. Успанов был награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени, Знак Почета, многими медалями Советского Союза, Почетными Грамотами Верховного Совета Казахской ССР, он удостоен Золотой медали ВСХВ и Золотой медали ВДНХ. Умирбеку Успановичу присвоены почетное звание Заслуженного деятеля науки Казахской ССР и члена-корреспондента АН КазССР, представлялся к званию Героя социалистического труда. Его имя достойно украшает «Золотую Книгу Почета Казахской ССР».

Умирбека Успановича отличали творческая убежденность, бескомпромиссная принципиальность и требовательность к себе и окружающим, замечательный такт педагога и наставника, незаурядный темперамент ученого и личное обаяние. Всё это снискало ему всеобщее уважение и большой авторитет среди почвоведов, ученых и практиков.

Доктор с.-х. наук А.С. Сапаров, доктор биол. наук К.Ш. Фаизов  
Институт почвоведения им. У.У. Успанова МСХ РК

**К 75-ЛЕТИЮ  
ВСЕВОЛОДА ВИКТОРОВИЧА ГОЛУБЦОВА**



В сентябре 2005 года исполняется 75 лет со дня рождения ведущего научного сотрудника научно-методической группы отдела гидрологических прогнозов научно-производственного Гидрометеорологического центра (ГМЦ) РГП «Казгидромет», кандидата географических наук, доцента Голубцова Всеволода Викторовича.

В.В. Голубцов в 1954 году окончил Воронежский университет по специальности гидрология суши. Трудовую деятельность он начал в Государственном гидрологическом институте (г. Ленинград), занимаясь изучением водных ресурсов целинных и залежных земель Северного Казахстана и Алтайского края.

В 1959 году Голубцов В.В. переехал на постоянное местожительство в Казахстан и начал работать в Казахском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (КазНИГМИ), переименованном в 1995 г. в Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата (КазНИИМОСК), затем в 2004 г. – в Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата (КазНИИ-ЭК). Там он прошел путь от младшего научного сотрудника до директора КазНИГМИ (1988...1994 гг.). С 1994 года В.В. Голубцов переходит на должность ведущего научного сотрудника. В 2005 году Голубцов В.В. вместе с группой сотрудников перешел на работу в научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет», где и продолжает трудиться в настоящее время.

В 1965 г. Голубцов В.В. защитил кандидатскую диссертацию в Государственном гидрологическом институте. В 1968 году ему присвоено ученое звание старшего научного сотрудника (доцента).

В Казахстане и в странах СНГ Голубцов В.В. известен как крупный специалист в области математического моделирования гидрологических процессов и разработки методов гидрологических расчетов и прогнозов. Результаты многих его исследований, например стока засушливых и горных районов Казахстана, водного и солевого баланса озера Балхаш, нашли широкое практическое применение в республике и принесли значительную социально-экономическую пользу. Разработанные им методы долгосрочного прогнозирования водности рек и притока воды в крупные водохранилища Казахстана приняты в качестве основных в Гидрометслужбе Казахстана и Госкомгидрометом СССР были признаны лучшими в области гидрологических прогнозов. В последние годы В.В. Голубцов занимался разработкой методов адаптации водных ресурсов в условиях антропогенного изменения климата, а также разработкой методов оценки ресурсов поверхностных вод Республики Казахстан.

Голубцов В.В. возглавлял республиканский межведомственный рабочий комитет по выполнению казахстанско-американского проекта «Парниковые газы и изменение климата» и был экспертом научно-аналитического центра по проблемам Каспийского моря при Министерстве науки и новых технологий Республики Казахстан. В 1992...1993 годах он являлся руководителем временной научно-проектной группы и ответственным исполнителем при подготовке первого тома технико-экономического доклада «Обеспечение устойчивой жизнедеятельности населения и защита народнохозяйственных объектов и населенных пунктов от затопления и подтопления в прибрежной зоне Каспийского моря в пределах Республики Казахстан», а в 1998...1999 годах был главным координатором проекта «Оценка воздействия изменения климата и мер адаптации для прибрежной зоны Каспийского моря и горных районов Южного и Юго-Восточного Казахстана», выполнявшегося при финансовой и технической поддержке Нидерландской Программы исследований изменения климата.

Голубцов В.В. имеет сертификат эксперта «Экологические аспекты нефтегазовых операций на море». В настоящее время он эксперт Координационного комитета прикаспийских стран в области гидрометеорологии и экологии и заместитель председателя Национального Комитета ЮНЕСКО по выполнению Международной Гидрологической Программы (МГП) для Республики Казахстан.

За время работы В.В. Голубцов проявил себя как хороший организатор научной деятельности. Он способствовал развитию научных исследований по различным направлениям в области гидрометеорологии и экологии Казахстана.

Голубцов В.В. – автор более 100 научных статей и соавтор трех монографий. Одна из монографий (“Ресурсы поверхностных вод СССР”,

том 13, выпуск 1 – Карагандинская область) подготовлена под его личным руководством. Основные положения своей научной деятельности он докладывал на Гидрологических съездах, многочисленных международных симпозиумах и конференциях. Много внимания Всеволод Викторович уделяет работе с молодыми специалистами и повышению их квалификации. Под его руководством подготовлено 4 кандидата наук.

Всеволод Викторович благодаря своим личным качествам заслуженно пользуется авторитетом, уважением и глубокой симпатией среди коллег. Ему присуще трудолюбие, корректность в научных исследованиях, объективность, интеллигентность, скромность, внимательное отношение к людям.

Юбиляр награжден медалями «За освоение целинных и залежных земель» и «Ветеран труда». За успешную научно-производственную работу он неоднократно поощрялся руководством Гидрометслужбы СССР.

Коллектив РГП «Казгидромет» горячо поздравляет дорогого Всеволода Викторовича с этой знаменательной датой. Желает долгих лет жизни, дальнейших творческих успехов, крепкого здоровья, свершения всего задуманного.

Коллектив РГП «Казгидромет»  
РГП «КаНИИЭК»  
Редакция журнала

**К 50-ЛЕТИЮ  
НИКИФОРОВОЙ ЛИДИИ НИКОЛАЕВНЫ**



В сентябре 2005 года исполняется 50 лет со дня рождения начальника отдела гидрологических прогнозов научно-производственного Гидрометеорологического центра (ГМЦ) РГП «Казгидромет» Никифоровой Лидии Николаевне. Никифорова Л.Н. родилась 7 сентября 1955 г в г. Бухаресте (Румыния).

В 1981 году окончила Географический факультет Казахского Государственного Университета по специальности инженер-гидролог и начала свою трудовую деятельность в Гидрометеорологической службе Казахстана. За это время, благодаря своим высоким профессиональным навыкам и личным качества, она прошла путь от инженера до руководителя крупнейшего подразделения ГМЦ. В настоящее время отдел гидрологических прогнозов многопрофильная структура, состоящая из гидропрогнозистов, селевой и снеголавинной служб, научно-методической группы.

Никифорова Л.Н. руководит работой по составлению ежедневных гидрологических бюллетеней, краткосрочных и долгосрочных прогнозов водности рек и притока воды в крупные водохранилища Казахстана, прогнозов сроков установления и разрушения ледового покрова рек Сырдарья, Или и Иртыш, справок-консультаций о накоплении влагозапасов в бассейнах рек Казахстана и т.д. Она проводит расчеты месячных и годовых водных балансов Капшагайского водохранилища и оз. Балхаш.

Лидия Николаевна участвует в выполнении международных проектов, в частности, в рамках Швейцарской миссии по Аральскому морю, ею проводятся работы по адаптации модели SRM для бассейна р. Или. Она принимает активное участие в подготовке «Национального Плана по Интегрированному Управлению Водными Ресурсами и Водосбережению в Казахстане», разрабатываемого при участии ПРООН. Никифорова Л.Н. является экспертом рабочей группы по гидрологии ВМО в области прогнозирования паводков и предупреждения о них.

Много внимания Лидия Николаевна уделяет подготовке молодых специалистов, являясь руководителем производственной практики всех студентов гидрологов КазГНУ.

В 2004 году Никифоровой Л.Н. объявлена благодарность министра Охраны окружающей среды за активную и плодотворную работу в государственной системе охраны окружающей среды, большой личный вклад в ее укрепление и высокие профессиональные качества.

Мы сердечно поздравляем Лидию Николаевну с юбилеем, желаем отличного здоровья, успехов в трудовой деятельности и личного счастья.

Коллектив РГП «Казгидромет»  
Редколлегия журнала