

*Шынық*

Қазақстан республикасының  
табиғи ресурстар және қоршаған  
ортаны қорғау Министрлігі  
Республикалық мемлекеттік  
"Қазгидромет" кәсіпорны

Министерство природных  
ресурсов и охраны окружающей  
среды Республики Казахстан  
Республиканское  
государственное предприятие  
"Казгидромет"

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

Әр тоқсанда шығарылатын  
Ғылыми-техникалық журнал

## №3-4

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

АЛМАТЫ  
2001



*Шынық*

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

## РЕДКОЛЛЕГИЯ

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

## ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 3 - 4

Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство № 1538

Министерства печати РК.

Подписной индекс 75855.

---

Адрес редакции:	480072, Алматы, пр. Сейфуллина, д. 597, к. 508
Телефон:	54-22-83; 54-25-36
E-mail:	general@kniimask.almaty.kz

---

Подписано к печати 24.12.2001. Формат 70x100/16. Печать офсетная.  
Бумага офсетная. Объем 21,15 п.л. Тираж 500. Заказ 79.  
Цена договорная.

---

Типография КазгосИНТИ.  
480096, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 221

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

- В.В. Голубцов**  
Моделирование изменения температуры воздуха и атмосферных осадков с высотой местности. . . . . 7
- А.В. Чередниченко**  
Изменчивость осадков на территории Восточного Казахстана. . . . . 25
- Т. Калыбеков, В.А. Хан**  
Среднестатистические атмосферные условия производства аэрофотосъемки на территории Казахстана. . . . . 37
- В.А. Хан**  
О некоторых проблемах выбора технических параметров аэрофотосъемки. . . . . 42
- С.М. Койбаков, А. Аманбаев,  
Б.М. Мыржыкбаев**  
Заиление каналов продуктами ветровой эрозии. . . . . 47
- В.В. Голубцов, В.И. Ли**  
Оценка возможного влияния нефтяной пленки на испарение с поверхности каспийского моря. . . . . 55
- Н.И. Ивкина**  
К вопросу определения отсчётного горизонта при прогнозировании нагонов на Каспийском море. . . . . 62
- И.И. Скацеляс, В.И. Ли, В.П. Попова,  
С.А. Ерисковский**  
Боковой приток речных вод в Капшагайское водохранилище. . . . . 69
- П.А. Черкасов**  
Природный режим эволюции запасов массы горных ледников Казахстана и возможности управлять им в период устойчивой деградации. . . . . 80

<b>Р.К. Яфязова</b>	
Глобальное потепление климата и селевая активность. Проблемы адаптации. ....	97
<b>Б.С. Степанов, А.Х. Хайдаров, Р.К. Яфязова</b>	
Некоторые уроки превентивных опорожнений гляциальных озер Заилийского Алатау. ....	107
<b>Т.К. Кудеков, С.П. Шиварева, Н.И. Ивкина</b>	
Принципы экологического зонирования территории заповедной зоны Казахстанского сектора Каспийского моря. ....	119
<b>Ж.С. Мустафаев</b>	
Методологические основы принципа экологизации мелиорации сельскохозяйственных земель. ....	130
<b>Ж.С. Мустафасв, С.Р. Ибатуллин, К.Б. Койбагарова</b>	
Эколого-экономические проблемы управления водными ресурсами трансграничных рек. ....	145
<b>К.Ш. Фаязов, И.К. Асанбаев, К.К. Ахметова</b>	
Загрязнение почв Казахстана химическими токсикантами. ....	156
<b>А.К. Заурбек, Ж.А. Заурбекова</b>	
Принципы эколого-экономического обоснования размеров водоохранной зоны водотока. ....	166
<b>А.И. Тлеулесова</b>	
Оценка состояния окружающей среды Алматинской области. ....	171
<b>А.Н. Нысангалиев, Т.К. Ахмеджанов, А.Ш. Бейсембинова, З.М. Тулемисова, К.Б. Кашанова</b>	
Оценка загрязнения атмосферы газообразными веществами от точечных и площадных источников. ....	177

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

- V. V. Golubtsov**  
Modelling of Air Temperature and Precipitation Change according to Locality Height. . . . . 7
- A.V. Cherednichenko**  
Variability of precipitations in territory of Eastern Kazakhstan. . . . . 25
- T. Kaliybekov, B.A. Khan**  
Mean Statistical Atmospheric Conditions for Aerophotoshooting on the Kazakhstan Territory. . . . . 37
- B.A. Khan**  
About Some Problems of Choice Technical Parameters for Aerophotoshooting. . . . . 42
- S.M. Koybakov, A. Amanbayev,  
B.M. Myrzhikbayev**  
Siltng of Chaneln by Wind Erosion Products. . . . . 47
- V. V. Golubtsov, V. I. Lee**  
Estimation of Oil-Film Possible Influence on Evaporation from Caspian Sea Surface. . . . . 55
- N.I. Ivkina**  
To a Question of Reading Horizon Test at the Storm Surge Forecasts on the Caspian Sea. . . . . 62
- I.I. Skotselyas, V.I. Lee, V.P. Popova,  
S.A. Yeriskovskiy**  
River Water Lateral Inflow to Capshaghay Reservoir. . . . . 69
- P.A. Cherkasov**  
Natural Regime Evolution of the Mountain Glacier Masses of Kazakhstan and Possibility to Govern it in the Stable Degradation Period. . . . . 80

<b>R.K. Yafyazova</b>	
Global warming and mudflow activity. Adaptation problems.	97
<b>B.S. Stepanov, A. Kh. Khaidarov, R.K. Yafyazova</b>	
Some Examples of Preventive Emptying of Glacial Lakes of the Zailiysky Alatau Mountains. ....	107
<b>T.K. Kudakov, S.P. Shivaryova, N.I. Ivkina</b>	
Principles of an Ecological Zoning of Area of Outstanding Natural Beauty the Kazakhstan Sector of the Caspian Sea.	119
<b>Zh.S. Mustafayev</b>	
Methodological Bases of a Principle of Land-reclamation Ecologization. ....	130
<b>Z.S. Mustafayev, S.R. Ibatullin, K.B. Kojbagarova</b>	
Ecological and economical problems of management water resources of the transboundary rivers. ....	145
<b>K.Sh. Faizov, I.K. Asanbayev, K.K. Achmetova</b>	
Soil pollution by chemicals toxic in the Republic of Kazakhstan. ....	156
<b>A.K. Zaurbek, Zh.A. Zaurbekova</b>	
Principles of an Ecological and Economical Substantiation of Water Protection for Watercourse. ....	166
<b>A.I. Tleulesova</b>	
Assessment of Environment Condition of Almaty Region.	171
<b>A.N. Nysangaliyev, T.K. Akhmedzhanov, A.Sb. Beisembinova, Z.M. Tulemisova, K.B. Koshanova</b>	
Assessment of Atmospheric Pollution by Gases from Point and Area Sources. ....	177

УДК 551.524.31 + 551.556.12

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ С ВЫСОТОЙ МЕСТНОСТИ

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов

*Рассматриваются вопросы моделирования изменения температуры воздуха и атмосферных осадков с высотой местности. Приводятся математические выражения и оценка их параметров для рассматриваемых метеорологических элементов в бассейнах рек Западного Алтая и Заилийского Алатау. Предлагаемые модели могут быть использованы для расчета температуры воздуха и атмосферных осадков по суточным интервалам времени.*

Для описания процесса формирования снегозапасов и поступления воды на его поверхность горного бассейна необходимо располагать сведениями о температуре воздуха, а также жидких и твердых атмосферных осадках в пределах его отдельных высотных зон. Как известно, в горных бассейнах определение значений указанных метеорологических элементов производится в сравнительно немногочисленных пунктах наблюдений. В этих условиях при определении суточных значений температуры воздуха и осадков используются расчетные методы.

### Температура воздуха.

Изменение температуры воздуха с высотой местности в первом приближении можно принять линейным [3, 9]. Тогда для ее определения в пределах отдельных зон горных бассейнов можно использовать следующее общепринятое интерполяционно - экстраполяционное выражение [2, 3]:

$$\theta(z, t) = \theta(z_0, t) + \gamma_2(z - z_0), \quad (1)$$

где  $\theta(z, t)$  и  $\theta(z_0, t)$  - среднесуточная температура воздуха в момент времени  $t$  соответственно на высоте  $z$  и  $z_0$ , °С;  $\gamma_2$  - вертикальный температурный градиент, °С/км.

Однако, в горных условиях в осенне-зимний и весенний периоды часто наблюдаются инверсии, обуславливающие нелинейный характер изменения температуры воздуха с высотой местности [14, 15, 16]. Поэто-

му в общем случае для описания этого процесса более предпочтительно использование нелинейного интерполяционно - экстраполяционного квадратичного уравнения следующего вида [2, 3]:

$$\bar{\theta}(z, t) = \bar{\theta}(z_0, t) + \gamma_2(z - z_0) + \gamma_3(z - z_0)^2, \quad (2)$$

где  $\gamma_2$  и  $\gamma_3$  - параметры. Выражение (1) является частным случаем уравнения (2) при  $\gamma_3 = 0$ . На основании исследований Л.Н. Боровиковой и Ю.М. Денисова [3] можно установить следующие зависимости для определения параметров  $\gamma_2$  и  $\gamma_3$ :

$$\begin{aligned} \gamma_2 &= 2az_0 + a \\ \gamma_3 &= a, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $a$  и  $b$  параметры зависимости средних месячных температур воздуха от высоты местности, определяемые с помощью метода наименьших квадратов [3]:

$$\theta(z) = az^2 + bz + c. \quad (4)$$

Зависимость, характеризующая изменение параметра  $\gamma_2$  в течение года по суточным интервалам времени при определенном выборе начала отсчета может быть аппроксимирована в виде косинусоиды [2, 3, 9]:

$$\gamma_2 = \bar{\gamma}_2 + \nu \nu \cos \frac{2\pi}{T} (t - t_0), \quad (5)$$

где  $\bar{\gamma}_2$  - средний вертикальный градиент, °С/км;  $\nu$  - полуамплитуда его изменения в течение года, °С/км;  $t$  - время, отсчитываемое от выбранного начала, сутки;  $T = 365$  суток;  $t_0$  - параметр, характеризующий сдвиг фаз, сутки. Выражение (5) также используется и для аппроксимации зависимостей, характеризующих внутригодовое изменение параметра  $\gamma_3$ . В ряде случаев годовой ход параметров  $\gamma_2$  и  $\gamma_3$  хорошо аппроксимируется полиномом Чебышева второй степени [21]:

$$\gamma_j = a_j x_j^2 + b_j x_j + c_j, \quad (6)$$

где  $a_j$ ,  $b_j$  и  $c_j$  - коэффициенты:

$$x_j = \left( \frac{l_j}{30,42} + 1 \right); \quad l_j = 1 \dots 365. \quad (7)$$

Если для определения изменения температуры воздуха используется и метеорологических станций или постов, расположенных в горном



бассейне или за его пределами, с высотами  $z_{0(i)}$ , то величина  $\bar{\theta}(z_0, t)$  определяется с помощью следующих выражений [2, 3]:

$$\bar{\theta}(z_0, t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\bar{\theta}(z_{0(i)}, t) - \gamma_2(z_0 - z_{0(i)})] \quad (8)$$

или

$$\bar{\theta}(z_0, t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\bar{\theta}(z_{0(i)}, t) - \gamma_2(z_0 - z_{0(i)}) - \gamma_3(z_0 - z_{0(i)})^2], \quad (9)$$

где  $z_{0(i)}$  - высота  $i$ -го пункта метеорологических наблюдений.

При использовании выражения (1) можно определить высоту  $z_a$ , на которой имеет определенное значение  $\theta_a$  [3]:

$$z_a = \frac{\bar{\theta}(z_0, t) - \theta_a}{\gamma_2} + z_0 \quad (10)$$

При  $\theta_a = 0$ , значение  $z_a$  характеризует высоту нулевой изотермы.

Расчет изменения средней суточной температуры воздуха в пределах ледниковой части бассейна несколько отличается от изложенного выше. Это отличие связано с необходимостью описания изменения температуры воздуха при переходе с неледниковой на ледниковую поверхность. Как показали исследования П.А. Черкасова и Т. Ермекбаева [23], в ледниковой области вследствие того, что температура поверхности ледника не превышает  $0^\circ\text{C}$ , в приледниковом слое воздуха образуется устойчивый инверсионный слой, который препятствует его прогреванию. В результате при переходе с неледниковой на ледниковую поверхность наблюдается резкое уменьшение температуры воздуха (температурный скачок) и изменение вертикального температурного градиента.

С учетом изложенного расчет средней суточной температуры воздуха на высоте нижней границы ледника производится следующим образом:

$$\bar{\theta}^*(z_0, t) = \bar{\theta}(z_0, t) + \Delta\theta, \quad (11)$$

где  $\bar{\theta}^*(z_0, t)$ ,  $\bar{\theta}(z_0, t) + \Delta\theta$  - средняя суточная температура воздуха соответственно на ледниковой и неледниковой поверхностях на высоте нижней границы ледника  $z_0$  в момент времени  $t$ ,  $^\circ\text{C}$ ;  $z_0$  - высота нижней границы ледника, км;  $\Delta\theta$  - величины температурного скачка при переходе с неледниковой на ледниковую поверхность,  $^\circ\text{C}$ . Температура воздуха на неледниковой поверхности  $\bar{\theta}^*(z_0, t)$  определяется с помощью выражения (4) или (2). Для расчета среднесуточной температуры воздуха в пределах от-

дельных высотных зон ледниковой части бассейна можно использовать следующее выражение:

$$\bar{\theta}(z^*, t) = \bar{\theta}(z_0, t) + \gamma_v(z^* - z_0), \quad (12)$$

где  $\bar{\theta}(z^*, t)$  - средняя суточная температура воздуха на высоте  $z^*$  в момент времени  $t$ , °С;  $z^*$  - высота местности в пределах ледниковой части бассейна, км;  $\gamma_v$  - вертикальный температурный градиент в пределах ледниковой части бассейна, °С/км.

В работе [23] приведены значения  $\Delta\theta$  и  $\gamma_v$  при различной общей облачности для северного склона Джунгарского Алатау. Так, при полном отсутствии облачности (0 баллов)  $\Delta\theta = -0,1$  °С и  $\gamma_v = 9,8$  °С/км, а при 10 баллах общей облачности  $\Delta\theta = -2,1$  °С и  $\gamma_v = 1,4$  °С/км. В связи с тем, что значения общей облачности изменяются в течение абляционного периода, для определения вертикального температурного градиента  $\gamma_v$  можно использовать зависимость его величины от времени, как это рекомендовано выше. В ряде случаев его можно принять постоянным. Так для северного склона Джунгарского Алатау, где значения общей облачности составляют в среднем 5 - 6 баллов, можно принять  $\Delta\theta = -0,45$  °С и  $\gamma_v = 3$  °С/км.

Как отмечалось выше, изменение температуры воздуха с высотой местности в холодный период года является существенно нелинейным в связи с формированием инверсий. Зимой в низкогорных зонах температура воздуха не убывает, а возрастает с высотой местности [14, 15, 16]. Такое изменение температуры наблюдается до высот 1000 - 1500 м. В среднегорной и высокогорной зонах температура воздуха обычно изменяется с высотой местности по линейному закону. Поэтому при моделировании процессов формирования стока в указанных зонах можно ограничиться рассмотрением изменения температуры воздуха на высотах более 1500 м. Использование линейного закона изменения температуры воздуха с высотой местности позволяет более надежно рассчитать ее величину для высокогорных зон речных бассейнов, где наблюдения, как правило, отсутствуют.

На рис. 1 приведены зависимости средней месячной многолетней температуры воздуха от высоты местности для центральной части северного склона Заилийского Алатау по метеорологическим станциям Каменское плато (1350 м), селестоковая станция (1712 м), Усть-Горельник (1943 м), Верхний Горельник (2272 м) и Мынжилки (3017 м).

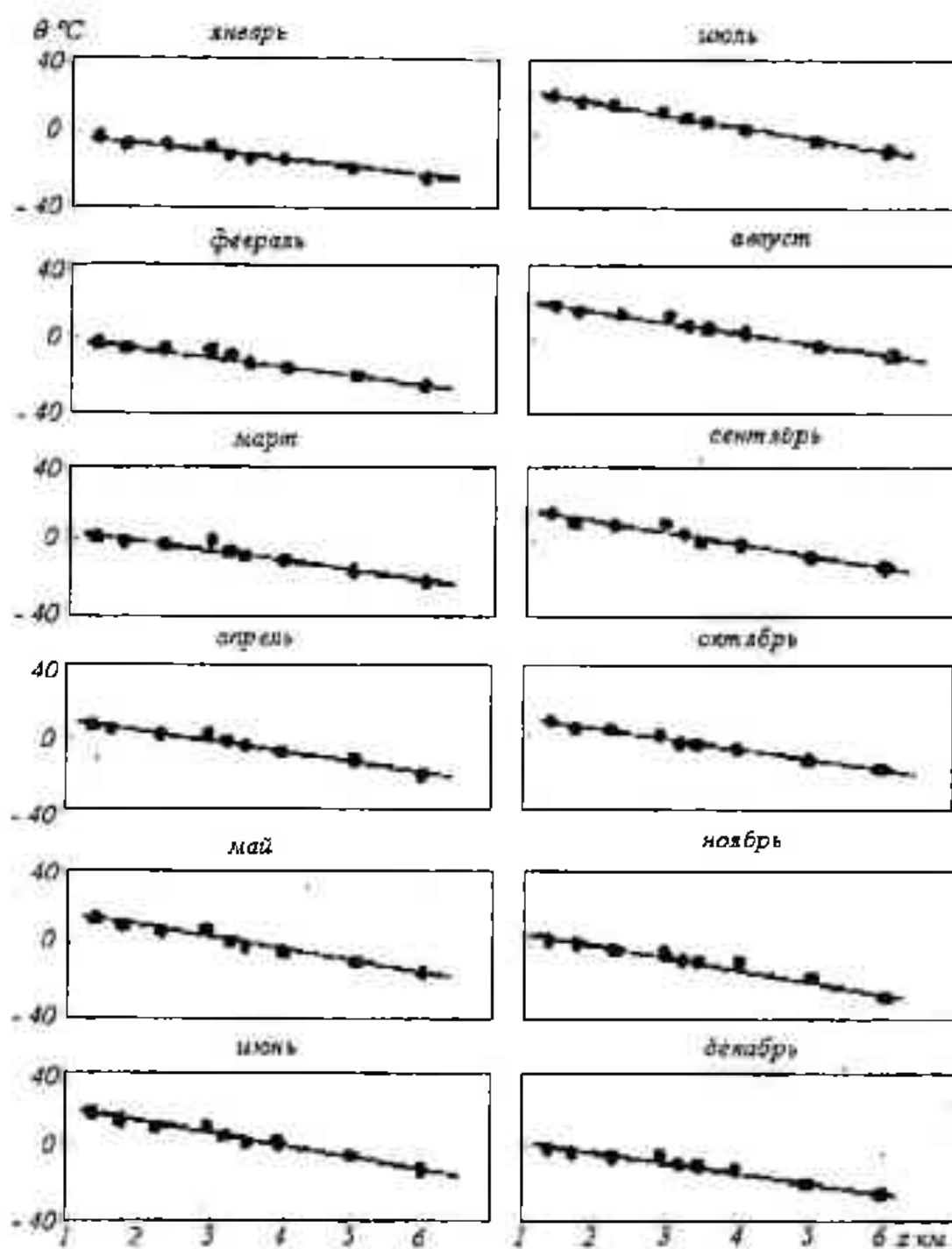


Рис. 1. Зависимость средних многолетних значений температуры воздуха за отдельные месяцы от высоты местности для горных бассейнов Центральной части северного склона Заилийского Алатау.

Сведения о величине температуры воздуха по указанным станциям приведены в Справочнике по климату СССР [18]. Кроме этого для построения указанных зависимостей были использованы приведенные к норме данные наблюдений за температурой воздуха Сектора географии АН Казахской ССР в пункте Тюксу I (3450 м), а также сведения о ее вели-

чине на высотах 4000 м, 5000 м и 6000 м, полученных в результате зондирования свободной атмосферы на метеорологической станции Алматы [1].

Годовой ход рассчитанных значений градиента изменения средних многолетних месячных температур воздуха с высотой местности  $\gamma_2$  (рис.2) был аппроксимирован выражением следующего вида:

$$\gamma_2 = 5,9 + 0,5 \cos \frac{2\pi}{365} (t - 210). \quad (13)$$

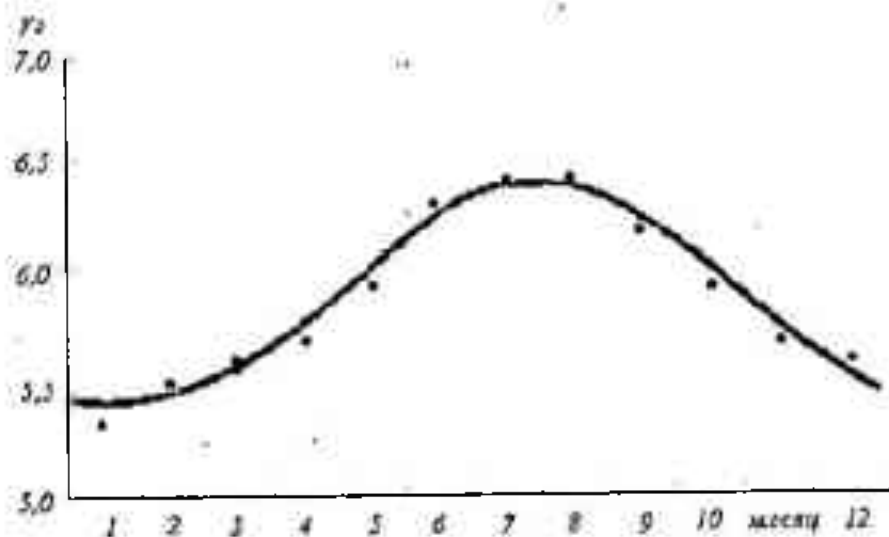


Рис. 2. Внутригодовое изменение вертикального температурного градиента  $\gamma_2$  в горных бассейнах центральной части северного склона Заилийского Алатау.

Полученные результаты показывают, что внутригодовое изменение градиента  $\gamma_2$  характеризуется зимним минимумом (январь) и летним максимумом (июль-август). Такое внутригодовое распределение градиента  $\gamma_2$  обусловлено пониженной изменчивостью (меньшей амплитудой колебаний) средних многолетних месячных температур воздуха в высокогорной зоне по сравнению с низкогорной зоной речных бассейнов. Выражение (5) позволяет осуществить моделирование температуры воздуха в горных районах по суточным интервалам времени.

#### Атмосферные осадки.

Для расчета количества осадков, выпадающих в пределах отдельных зон горного бассейна можно использовать интерполяционное уравнение, предложенное Л.Н. Боровиковой и Ю.М. Денисовым [2, 3]:

$$x(z, t) = x(z_0, t) \left[ 1 + k_2(z - z_0) + k_1(z - z_0)^2 \right], \quad (14)$$

где  $x(z, t)$ ,  $x(z_0, t)$  - количество осадков, выпадающих за сутки в момент времени  $t$  соответственно на высоте  $z$  и  $z_0$ , мм;  $k_1$  и  $k_2$  - параметры.

Для оценки параметров  $k_1$  и  $k_2$  в соответствии с указанными выше исследованиями могут быть использованы следующие выражения:

$$k_1 = \frac{2az_0 + a}{az_0^2 + bz_0 + c}, \quad (15)$$

$$k_2 = \frac{a}{az_0^2 + bz_0 + c}, \quad (16)$$

где  $a$ ,  $b$  и  $c$  - параметры зависимости средних месячных осадков от высоты местности, определяемые с помощью метода наименьших квадратов [3]:

$$x(z) = az^2 + bz + c. \quad (17)$$

Для аппроксимации зависимости изменения параметров  $k_1$  и  $k_2$  в течение года по суточным интервалам времени использовались косинусоида и упомянутые выше полиномы Чебышева второй степени.

При моделировании процессов формирования стока необходимо располагать способами определения фазового состава выпадающих осадков (снег или дождь). Для разделения рассчитанных осадков по фазовому состоянию в пределах отдельных высот зон может быть использован способ, предложенный Г.Е. Глазыриным [5]. Этот способ основан на определении для каждой высотной зоны критических значений температуры воздуха  $\theta_1$  и  $\theta_2$ . При среднесуточной температуре воздуха  $\theta \geq \theta_2$ , рассчитанные осадки рассматриваются как жидкие, а при  $\theta \leq \theta_1$  - как твердые. В интервале  $\theta_1 < \theta < \theta_2$ , рассчитанные осадки считаются смешанными, причем вероятность выпадения осадков различного фазового состава в этом интервале изменяется линейно. Тогда количество жидких  $x_{жс}$  и твердых  $x_m$  осадков может быть определено с помощью следующих выражений:

$$x_{жс} = \begin{cases} x & \text{при } \theta \geq \bar{\theta}_2 \\ x = \frac{\bar{\theta} - \bar{\theta}_1}{\bar{\theta}_2 - \bar{\theta}_1} & \text{при } \bar{\theta}_1 < \bar{\theta} < \bar{\theta}_2 \\ 0 & \text{при } \bar{\theta} \leq \bar{\theta}_1, \end{cases} \quad (18)$$

$$x_m = x - x_{жс} \quad (19)$$

где  $x$  - общее количество осадков, мм.

Исследования Ю.М. Денисова показали, что вместо (18) может быть рекомендован более простой способ определения количества жидких осадков [9]:

$$x_{ж} = \begin{cases} x & \text{при } \bar{\theta} > \bar{\theta}_a \\ 0 & \text{при } \bar{\theta} \leq \bar{\theta}_a \end{cases} \quad (20)$$

где  $\bar{\theta}_a = \frac{1}{2} (\theta_1 + \theta_2)$  - температура при которой выпадение осадков различного фазового состава является равновероятным.

Для описания изменения  $\bar{\theta}_a$  с высотой местности Г.Е. Глазыриным использована квадратичная функция [5]. В более поздней его работе параметры этой функции были уточнены [6]. В отдельных бассейнах Средней Азии параметр  $\bar{\theta}_a$  может быть принят постоянным и равным 2 °С [2, 3].

Как показали исследования Г.Е. Глазырина, критическое значение  $\theta_1$  практически не изменяется с высотой местности и может быть принято постоянным. Значение  $\bar{\theta}_2$  увеличивается с высотой местности [5]. Выполненные по методике Г.Е. Глазырина расчеты фазового состава осадков в пределах ледниковой зоны Джунгарского Алатау показали вполне удовлетворительные результаты [22].

Используя сведения о фазовом составе осадков и температуре воздуха, полученные на метеорологических станциях Алтая и Средней Азии, опубликованные в работах [5, 12], параметр  $\theta_1$  для рассматриваемого района принят постоянным и равным - 1,5 °С. Параметр  $\theta_2$  принят изменяющимся в зависимости от высоты местности. Его величина может быть определена с помощью следующего выражения:

$$\bar{\theta}_2 = \theta_{min} + \frac{\theta_{max} - \theta_{min}}{\exp(a^* + a^* z) + 1} \quad (21)$$

где  $\theta_{min} = 3$  °С - температура, к которой стремится  $\theta_2$  при  $z \leq 0$ , км;  $\theta_{max} = 13,5$  °С - температура, к которой стремится  $\theta_2$  при  $z \rightarrow \infty$ ;  $a^* = 2,59$  и  $a^* = -0,74$  - эмпирические параметры.

Многочисленные эксперименты показывают [8, 10, 11, 13, 15, 20, 24] и др., что измеренные величины осадков, как правило, ниже их фактических значений. Это занижение, как показали исследования ГГО, ГГИ, КазНИГМИ и других организаций, в основном обусловлено ветровым

недоучетом осадков, испарением воды из осадкомерного ведра, а также потерями влаги на его смачивание [19]. Поправки к срочным значениям осадков могут быть определены по методике, разработанной ГГО и КазНИГМИ и опубликованной в работе А.П. Браславского и С.П. Чистяевой [4]. Непосредственное использование этой методики при моделировании поступления осадков на поверхность бассейна в настоящее время представляется нецелесообразным. Это привело бы к неоправданному усложнению расчетной схемы. Поэтому при решении указанной задачи были использованы зависимости исправленных величин суточных осадков от их измеренных значений, установленные для отдельных метеорологических станций и постов. При этом исправленные суточные величины осадков определялись как сумма их срочных значений, рассчитанных с помощью указанной выше методики.

Аналитическое выражение для расчета исправленных суточных величин жидких осадков имеет следующий вид:

$$x_{жж} = x_{жжизм} + \frac{m_{ж}}{x_{жжизм}} \quad (22)$$

где  $x_{жжизм} \geq 0,1$  мм - измеренная суточная величина жидких осадков, мм;  $m_{ж}$  и  $n$  - параметры.

Выражение для расчета исправленных величин твердых осадков можно записать в следующем виде:

$$x_m = m_m - x_{мизм} \quad (23)$$

где  $x_{мизм} \geq 0,1$  мм - измеренная суточная величина твердых осадков, мм;  $m_m$  - параметр. В табл. приведены значения параметров  $m_{ж}$ ,  $n$  и  $m_m$  для некоторых метеорологических станций Восточного Казахстана.

Таблица

Значения параметров  $m_{ж}$ ,  $n$  и  $m_m$

Метеостанция	z, км	$m_{ж}$	n	$m_m$
Усть-Каменогорск	0,28	0,65	0,79	1,62
Шемонаиха	0,33	0,49	0,72	1,99
Лениногорск	0,81	0,43	0,76	1,51

Следует отметить, что при моделировании снегозапасов и поступлении воды на поверхность бассейна в условиях ограниченной информации часто возникает необходимость в использовании наблюдений метео-

рологических станций и постов, расположенных в аномальных условиях, например, в замыкающих горных котловинах или за пределами рассматриваемого бассейна. В этом случае значения указанных метеорологических элементов могут быть определены с помощью следующих выражений:

$$\theta = a_{\theta}\bar{\theta} + v_{\theta} \quad (24)$$

$$e = a_e e^* + v_e, \quad (25)$$

$$x_{жс} = a_{жс} x_{жс}^* + v_{жс}, \quad (26)$$

$$x_m = a_m x_m^* + v_m, \quad (27)$$

где  $\theta^*$ ,  $e^*$ ,  $x_{жс}^*$ ,  $x_m^*$  - величины, соответственно среднесуточных значений температуры и влажности воздуха, жидких и твердых осадков, измеренных в аномальных условиях;  $a_{\theta}$ ,  $a_e$ ,  $a_{жс}$ ,  $a_m$ ,  $v_{\theta}$ ,  $v_e$ ,  $v_{жс}$ ,  $v_m$  - параметры, характеризующие репрезентативность наблюдений рассматриваемых метеорологических элементов по отношению к рассматриваемому бассейну.

Параметры, характеризующие репрезентативность наблюдений, определяются с помощью графиков связи значений метеозлементов, измеренных на метеорологической станции и в рассматриваемом бассейне. Для этого в первую очередь необходимо использовать материалы кратковременных метеорологических наблюдений учреждений Гидрометслужбы и проектно-изыскательских организаций. В ряде случаев с целью получения указанных материалов следует организовать параллельные наблюдения в течение 1 - 3 лет. Для организации таких кратковременных наблюдений могут быть использованы автоматические радиометеорологические станции.

В качестве примера рассмотрим изменение атмосферных осадков с высотой местности в центральной части северного склона Заилийского Алатау. На рис.3 и 4 приведены зависимости исправленных осадков за отдельные месяцы и кварталы, а также за холодный (ноябрь - март) и теплый (апрель - октябрь) периоды года, от высоты местности по метеорологическим станциям Каменское плато (1350 м), Селестоковая станция (1712 м), Усть-Горельник (2272 м) и Мынжилки (3017 м).

Сведения о величине исправленных осадков по указанным метеостанциям приведены в Справочнике по климату СССР [17]. Кроме этого для построения зависимостей осадков от высоты местности были использованы



после введения поправок и приведения к норме данные наблюдений Сектора географии АН Казахской ССР в пункте Туюксу I (3450 м) за 1972 – 1984 гг.

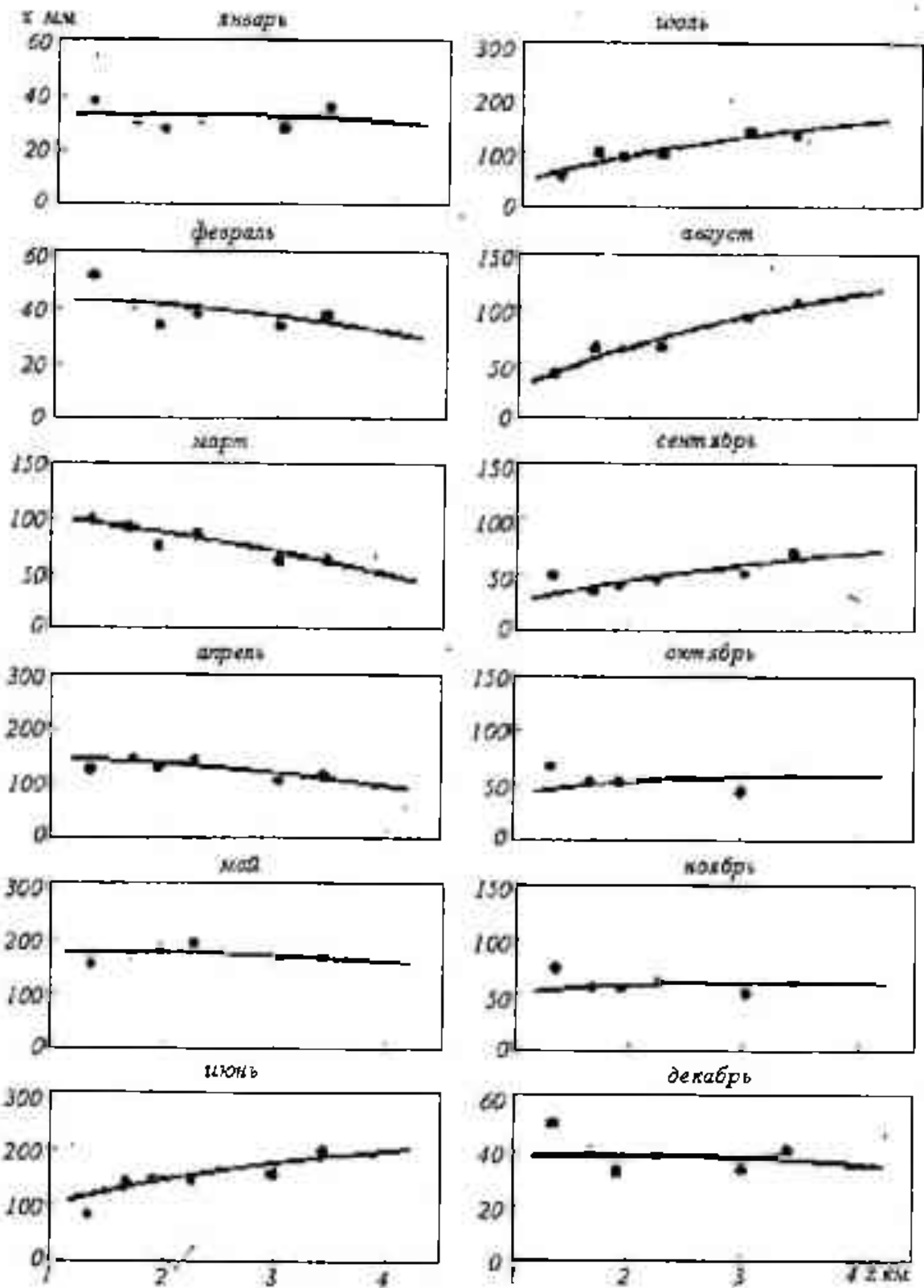


Рис. 3. Зависимость средних многолетних осадков за отдельные месяцы от высоты местности для горных бассейнов центральной части северного склона Заилийского Алатау.

Исследования И.С. Соседова [15] показали, что в годовом ходе осадков низкогорной зоны северного склона Заилийского Алатау наблюдаются два минимума - зимний и летний и два максимума - весенний (высокий) и осенний (низкий). Им также установлено, что с высотой местности наблюдается увеличение весенне-летних осадков, перемещение весеннего максимума на более поздние сроки и исчезновение летнего минимума; количество зимних осадков с высотой практически не увеличивается из-за низкого положения уровня конденсации.

Характеристики внутригодового распределения осадков, приведенные на рис.3, 4 и 5, показывают, что в низкогорной зоне северного склона Заилийского Алатау минимумы осадков наблюдаются в январе и августе-сентябре, а максимумы - в мае и октябре-ноябре. С увеличением высоты местности величина и внутригодовое распределение осадков существенно изменяются; весенне-летние осадки увеличиваются, их максимумы перемещаются с мая на июнь; относительные значения осадков за апрель-май уменьшаются, а за июнь-сентябрь увеличиваются, что приводит к исчезновению летнего минимума и осеннего максимума.

Анализ изменения осадков за отдельные кварталы (рис.4) показывает, что с высотой местности наблюдается уменьшение их значений в первом квартале и увеличение в третьем квартале. Во втором и четвертом кварталах изменение осадков с повышением местности не наблюдается. В холодный период (ноябрь - март) отчетливо прослеживается тенденция к уменьшению осадков, а в теплый период (апрель - октябрь) - к их увеличению с ростом высоты местности.

Относительные значения осадков с высотой местности (рис.5) уменьшаются в первом и втором кварталах и существенно увеличиваются в третьем квартале.

Относительная величина осадков за четвертый квартал не имеет четко выраженной тенденции к изменению с высотой местности. В холодный период (XI - III) наблюдается уменьшение, а теплый - увеличение относительной величины осадков с повышением местности. Как известно [2, 3], при моделировании осадков в горных бассейнах, их изменение можно рассматривать только от высоты местности и времени. Нелинейный характер зависимостей средних многолетних месячных осадков от высоты местности указывает на возможность их описания с помощью функции (13).

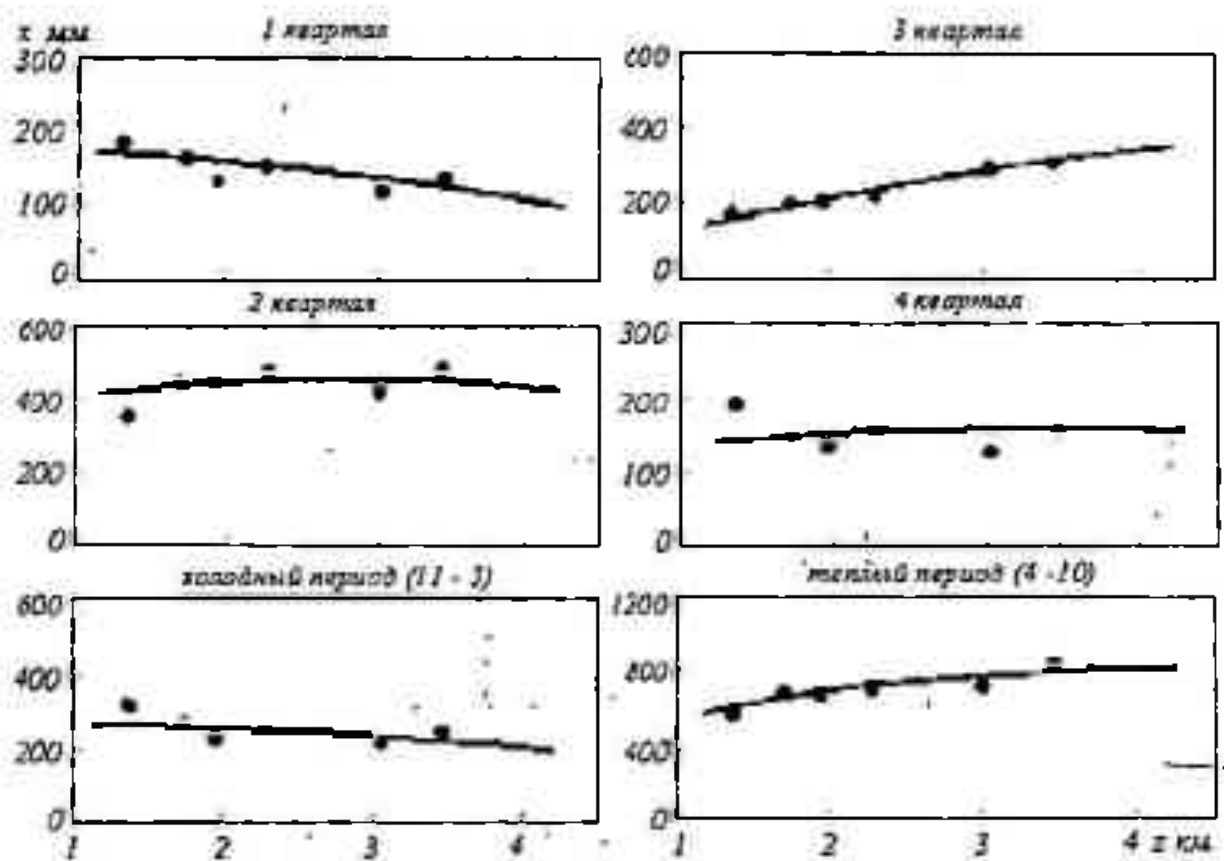


Рис. 4. Зависимость средних многолетних осадков за отдельные кварталы, холодный (ноябрь – март) и теплый (апрель – октябрь) периоды от высоты местности для горных бассейнов центральной части северного склона Заилийского Алатау.

Изменение параметров  $k_2$  и  $k_3$  этой зависимости при  $z = 2$  км внутри года для центральной части северного склона Заилийского Алатау показано на рис. 6. Зависимости, характеризующие годовой ход параметров  $k_2$  и  $k_3$ , имеют следующее аналитическое выражение:

$$k_2 = 0,14 + 0,34 \cos \frac{2\pi}{365} (t - 235), \quad (28)$$

$$k_3 = -0,039 + 0,019 \cos \frac{2\pi}{365} (t - 80). \quad (29)$$

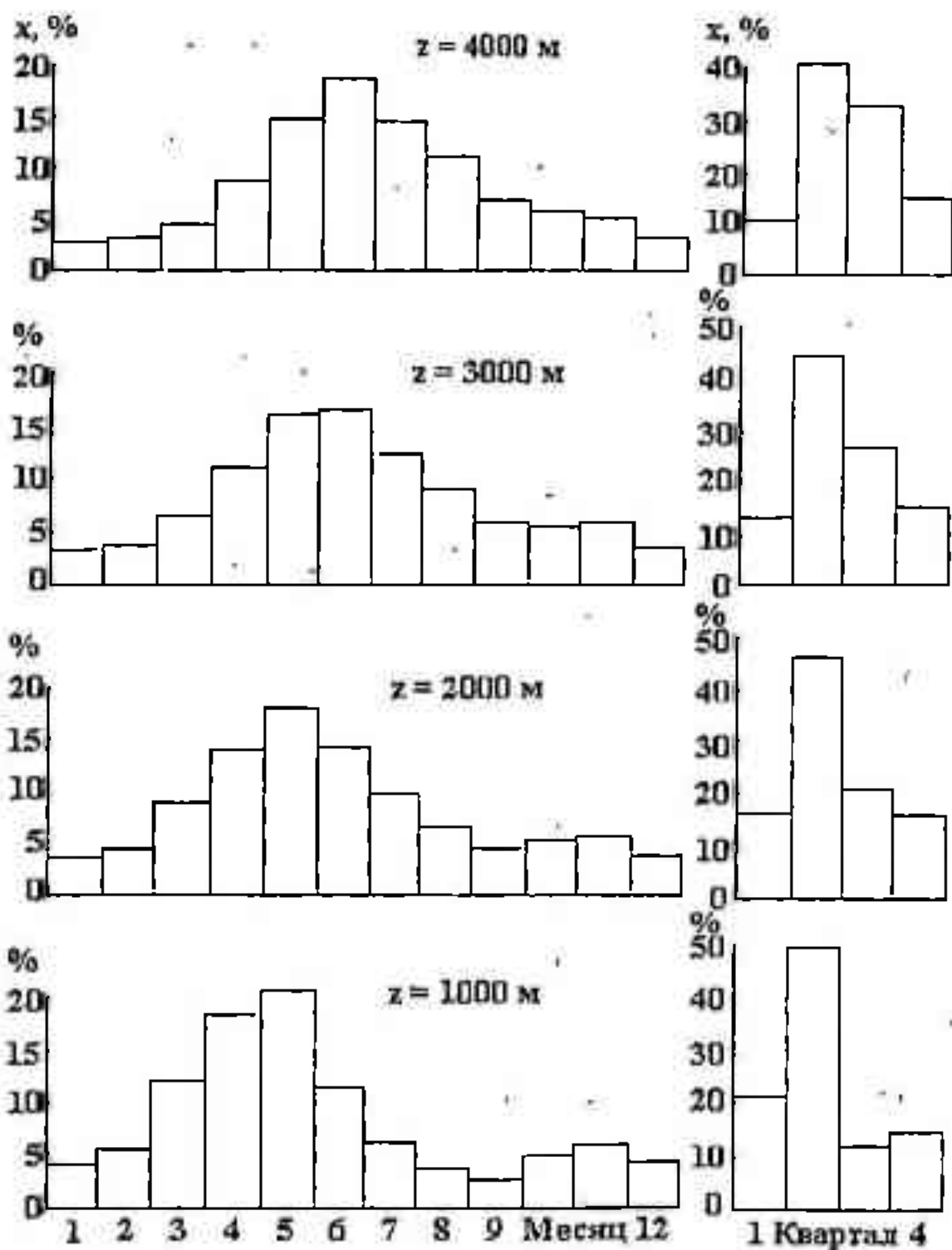


Рис. 5. Внутригодовое распределение средних многолетних месячных осадков по отношению к их годовым значениям (%) в центральной части северного склона Зайлийского Алатау.

Данные, приведенные на рис.6, показывают, что минимальные значения параметра  $k_2$  наблюдаются в феврале-апреле, а максимальные - в июле-сентябре. Годовой ход параметра  $k_3$  имеет примерно противоположный характер: максимальные значения наблюдаются в феврале-

апреле, а минимальные - в сентябре-октябре. Такое распределение значений параметров  $k_2$  и  $k_3$  обусловлено внутригодовым изменением высотного положения максимума осадков в горах.

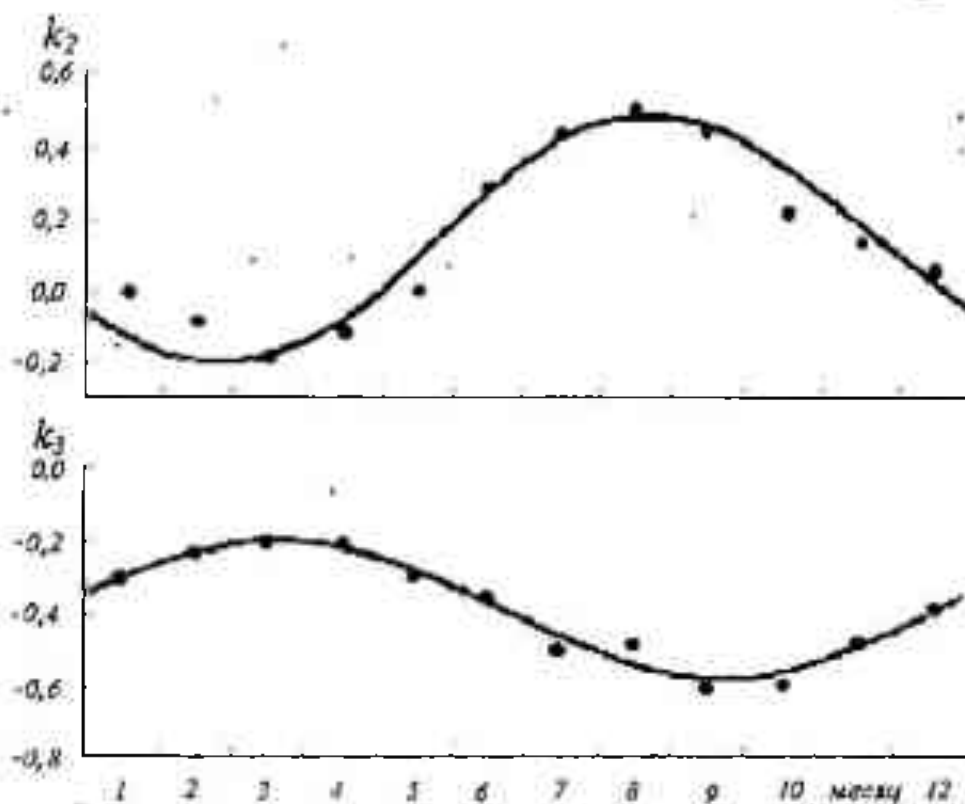


Рис. 6. Внутригодовое изменение параметров  $k_2$  и  $k_3$  в горных бассейнах центральной части Заилийского Алатау.

При низком положении максимума осадков в горах, наблюдающемся в холодную часть года, их величина с высотой местности практически не изменяется или имеет наибольшую тенденцию к уменьшению, близкую к линейной. Такое изменение осадков с высотой местности соответствует небольшим отрицательным значениям параметров  $k_2$  и  $k_3$ .

При высоком положении максимума осадков в теплый период года, наблюдается существенно нелинейный рост их величин с высотой местности. Такое изменение осадков с высотой местности соответствует высоким положительным значениям параметра  $k_2$  и низким отрицательным значениям параметра  $k_3$ .

Полученные результаты хорошо согласуются с выводами И.С. Соседова о закономерностях изменения годового хода осадков в горных бассейнах. Они показывают, что внутригодовое распределение осадков низкогорных зон северного склона Заилийского Алатау, характеризующееся

зимним и летним минимумами и весенним (высоким) и осенним (низким) максимумами, существенно изменяются с высотой местности за счет перемещения весеннего максимума на более позднее время года. В результате во внутригодовом ходе осадков, встречающихся в высокогорных зонах, наблюдается всего один зимний минимум в январе и один летний максимум в июне. Автором показано, что с увеличением высоты нулевой изотермы, а следовательно и уровня конденсации, наблюдается перемещение максимума поля осадков из низкогорных в высокогорные зоны речных бассейнов [7]. Указанное явление обуславливает изменение внутригодового распределения месячных осадков с высотой местности. Ход параметров  $k_2$  и  $k_3$  также определяется изменением внутри года высотного положения нулевой изотермы, а, следовательно, и уровня конденсации в горах.

В заключение следует отметить, что предлагаемые модели могут быть успешно использованы для расчета температуры воздуха и атмосферных осадков в горных бассейнах по суточным интервалам времени. Это позволит использовать их для описания процессов снегонакопления, снеготаяния и формирования стока горных рек.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аэроклиматический справочник СССР. Основные аэроклиматические характеристики. Казахская ССР. - М.: Гидрометеиздат, 1957. - Вып. 5. - 335 с.
2. Боровикова Л.Н. и др. Математическое моделирование процесса стока горных рек / Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М., Трофимова Е.Б., Шенцис И.Л. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. - 151 с.
3. Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М. Модель поступления воды на поверхность горного бассейна и некоторые результаты ее проверки на бассейнах рек Западного Тянь-Шаня // Труды САНИИ. - 1970. - Вып. 52(67). - С. 3 - 20.
4. Браславский А.П., Чистяева С.П. Определение исправленных атмосферных осадков по методике ГГО // Труды КазНИИ. - 1979. - Вып. 65. - С. 3 - 94.
5. Глазырин Г.Е. Фазовое состояние осадков в горах в зависимости от приземной температуры воздуха // Метеорология и гидрология. - 1970. - № 1. - С. 30 - 34.

6. Глазырин Г.Е. Распределение и режим горных ледников. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 181с. .
7. Голубцов В.В. О распределении вероятностей выпадения максимальных осадков по высотным зонам при различном положении нулевой изотермы // Труды САРНИГМИ. – 1972. - Вып. 1(82). - С. 70 – 76.
8. Голубцов В.В. Оценка точности учета жидких осадков осадкомером Третьякова // Труды ГТИ. - 1962. - Вып. 95. – С. 15 – 24.
9. Денисов Ю.М. Схема расчета гидрографа стока горных рек. - М.: Гидрометеиздат, 1965. – 102 с.
10. Литовченко А.Ф. Экспериментальное изучение элементов водного баланса горных водосборов. - Киев: Высшая школа. - 1986. – 186 с.
11. Мансурова Е.П., Соседов И.С. Опыт оценки величины атмосферных осадков в горах Заилийского Алатау // Сб. Гидрофизические исследования в горных районах Казахстана. - Алма-Ата, 1969. - С. 3 – 18.
12. Ревякин В.С., Галахов В.П. Вещественный баланс ледников Алтая // Сб. Вопросы горной гидрологии. - Алма-Ата, 1977. - С. 116 – 130.
13. Семенов В.А., Охинченко А.И. К вопросу учета твердых осадков // Труды КазНИГМИ. – 1961. - Вып. 16. - С. 87 – 92.
14. Соседов И. С. и др. Водный баланс и водные ресурсы северного склона Джунгарского Алатау / Соседов И.С., Филатова Л.Н., Киктенко О.В. и др. / Алма-Ата: Наука, 1984. – 152 с.
15. Соседов И.С. Исследование баланса снеговой влаги на горных склонах в Заилийском Алатау. - Алма-Ата: Наука, 1967. – 108 с.
16. Соседов И.С., Филатова Л.Н., Киктенко О.В. и др. Температурный и водный режим горных склонов. - Алма-Ата: Наука, 1983. – 92 с.
17. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. - Л.: Гидрометеиздат, 1968. – Вып. 18, ч. 4. – 550 с.
18. Справочник по климату СССР. Температура воздуха и почвы. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. - Вып. 18, ч. 2. – 656 с.
19. Струзер Л.Р. Основные недостатки и пути улучшения методов измерения атмосферных осадков // Труды ГГО. - 1965. - Вып. 175. - С. 120 – 133.
20. Судаков П.А. К вопросу об учете атмосферных осадков в высокогорных районах Заилийского Алатау // Сб. Гляциологические исследования в Казахстане. - 1965. - Вып. 5. - С. 34 – 44.

21. Хотимский В. Выравнивание статистических рядов по методу наименьших квадратов (способ Чебышева). - М.: Госстатиздат, 1959. - 87 с.
22. Черкасов П.А., Ерисковская Л.А. Фазовый состав атмосферных осадков ледниковой зоны Джунгарского Алатау в теплый период года // Материалы гляциологических исследований. - 1996. - Вып. 80. - С. 154 - 157.
23. Черкасов П.А., Еремекбаев Т. Вертикальный градиент температуры воздуха на северном склоне Джунгарского Алатау в абляционный период // Сб. Снежные лавины и ледники Казахстана. - Алма-Ата, 1977. - С. 122 - 133.
24. Шувахин Е.А. Об ошибках измерения жидких осадков в условиях Казахстана // Труды ГГО. - 1966. - Вып. 195. - С. 183 - 189.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

## **АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ МЕН АТМОСФЕРАЛЫҚ ЖАУЫН-ШАШЫНДАРДЫ ЖЕРДІҢ БИІКТІГІНЕ ҚАРАЙ ҮЛГІЛЕУ**

Геогр. ғылымд. канд.    В.В. Голубцов

*Ауа температурасының өзгеруі мен атмосфералық жауын-шашындарды жердің биіктігіне қарай үлгілеу мәселелері қарастырылған. Қарастырылып отырған Батыс үшін математикалық өрнектер мен оларды бағалау өлшемдері келтірілген. Ұсынылып отырған үлгілерді ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашындарды тәуліктік уақыт бөліктері бойынша есептеу үшін пайдалануға болады.*



УДК. 551.558 (574)

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО  
КАЗАХСТАНА**

А.В. Чередниченко

*Рассмотрены тенденции изменения количества осадков на Казахстанском Алтае и прилегающей территории. Показано, что тренды годового количества осадков бывают как положительные, так и отрицательные, при некотором преобладании последних. При этом большинство станций отмечает понижение количества осадков в весенне-летний, а также осенний период, и некоторый рост зимой.*

Атмосферные осадки считаются одной из наиболее изменчивых характеристик климата. Для Казахстана изучение изменения режима осадков является очень важной задачей, т.к. Республика находится в пустынной зоне и здесь практикуется принудительный полив. Задача становится актуальнее в свете изменения климата в будущем.

*Анализ трендов осадков.*

Для анализа многолетних колебаний количества осадков на территории Восточного Казахстана были взяты данные наблюдений 11 станций. Отдельно анализировались суммы осадков по сезонам и за год. Как показывают исследования других авторов, условное деление на сезоны, а также на теплый и холодный периоды, достаточно хорошо увязывается с условиями циркуляции атмосферы [3, 4, 5, 6]. Для более детального анализа используем длиннорядные станции Семипалатинска и Усть-Каменогорска.

В Восточном Казахстане различия в количестве осадков по станциям велики. Так, в Лениногорске годовое количество осадков составляет почти 700 мм, в Зыряновске оно несколько меньше - 625 мм, Усть-Каменогорске - 535, в Семипалатинске - 300 мм, а в Семиярке - всего 240 мм. Осадки на каждой станции испытывают временную изменчивость и их значения могут существенно отличаться от многолетней нормы. В табл. 1 представлены средние количества осадков и экстремальные значения в отдельные сезоны и за год, вычисленные за период в 55 лет для Усть-Каменогорска и Семипалатинска. Здесь видно, что в Усть-Каменогорске, где среднегодовое количество осадков почти в 2 раза боль-

ше, чем в Семипалатинске, изменчивость осадков тоже меньше. Подтверждается известное правило, что чем осадков меньше, тем они изменчивее [7]. Действительно, при среднем годовом количестве осадков 535 мм в Усть-Каменогорске их экстремумы не отклоняются более, чем в два раза в ту или в другую сторону. В то же время вариация годового количества осадков в Семипалатинске несколько выше.

Таблица 1

Средние и экстремальные значения количества осадков в Усть-Каменогорске и Семипалатинске по сезонам года

Статистические характеристики	Сезон				год
	зима	весна	лето	осень	
Усть-Каменогорск					
среднее	80	129	183	143	535
максимум	200	220	410	230	830
минимум	55	30	45	55	290
Семипалатинск					
среднее	53	66	96	82	297
максимум	993	118	220	142	440
минимум	20	10	30	15	160

Существенные отличия в вариациях имеют место в сезонных величинах осадков. В Усть-Каменогорске в минимуме летом количество осадков почти в три раза ниже среднего количества (55 и 143 мм соответственно). Еще больше, в 4 раза, различаются среднее и минимальное количество осадков весной, 129 и 30 мм соответственно. В сторону максимума увеличение количества осадков зимой составило 2,5 нормы от среднего количества. В остальные сезоны в Усть-Каменогорске такие отклонения в сторону повышения количества осадков не наблюдались.

В Семипалатинске минимальные количества осадков наблюдались в 2 и более раза ниже среднего во все сезоны. Весной в абсолютном минимуме за 60 лет оно в 6,6 раза было ниже среднего за сезон, а осенью – в 5,5 раза. Максимальное количество осадков превышало среднее в 2 раза только летом (220 и 96 мм соответственно). В другие сезоны максимальные суммы превышали среднее не более чем в 1,5 – 1,7 раза.

Из данных таблицы следует еще один примечательный вывод, характерный и для Усть-Каменогорска и для Семипалатинска: если сложить максимальные суммы осадков за все сезоны, то они существенно превысят максимальное количество осадков за год, а если сложить все минималь-

ные суммы осадков по сезонам, то они окажутся существенно ниже минимальной суммы осадков за год. Мы это объясняем тем, что в самые влажные годы только в отдельный сезон (или сезоны) количество осадков заметно превышает норму, в то время как в другие сезоны этого же года количества осадков близки к норме или даже ниже нее. Соответственно, в самые сухие годы только в отдельные сезоны количество осадков значительно ниже нормы, а в другие сезоны этого же года оно близко к норме. В то же время в засушливые годы количество осадков дальше отклоняется от нормы в сторону их уменьшения, чем во влажные годы – в сторону увеличения. Полученные нами закономерности подтверждают факт, что осадки формируются с большой степенью независимости от сезона к сезону, хотя определенная связь между ними существует [4]. В [1, 3, 7] для Памира получено, что зимой изменчивость осадков выше, чем летом. Мы же для Восточного Алтая получили, что изменчивость осадков выше летом и весной. Это тоже следствие различия циркуляционных процессов.

#### *Особенности временного хода осадков.*

Рассмотрим теперь временные ряды осадков. В [7, 8] показано, что временные ряды осадков имеют слабую автокорреляцию или не имеют ее вовсе. Поэтому такие ряды можно рассматривать как случайные функции безо всяких оговорок, чем мы и воспользуемся. Оценим сначала временные тренды для годовых количеств осадков, а затем рассмотрим временные ряды осадков по сезонам.

Во временном ходе годового количества осадков в Семипалатинске (рис. 1) просматривается значимый отрицательный тренд с коэффициентом 0,5 мм/год. Изменчивость количества осадков не остается постоянной. Начиная с 1962 г. и по 1984 г. она была незначительной (коэффициент вариации менее 0,2). В последние 15 лет она несколько увеличилась, однако наибольшие изменения количества осадков имели место в 1942-1962 гг. Если в 1962-1984 гг. экстремальные количества наблюдались по одному разу и составляли 400-160 мм, то в 1942-1962 гг. – 440-150 мм, при этом крайние значения достигались многократно. До 1942 г. изменчивость количества осадков была еще меньше, чем в 1962-1984 гг.

Цикличность в колебании осадков просматривается хорошо. Прежде всего это колебания с периодом 20-22 года. Добавим, что внутри каждого из этих периодов имеют место колебания меньших периодов – 6 и 2 года [7, 8].

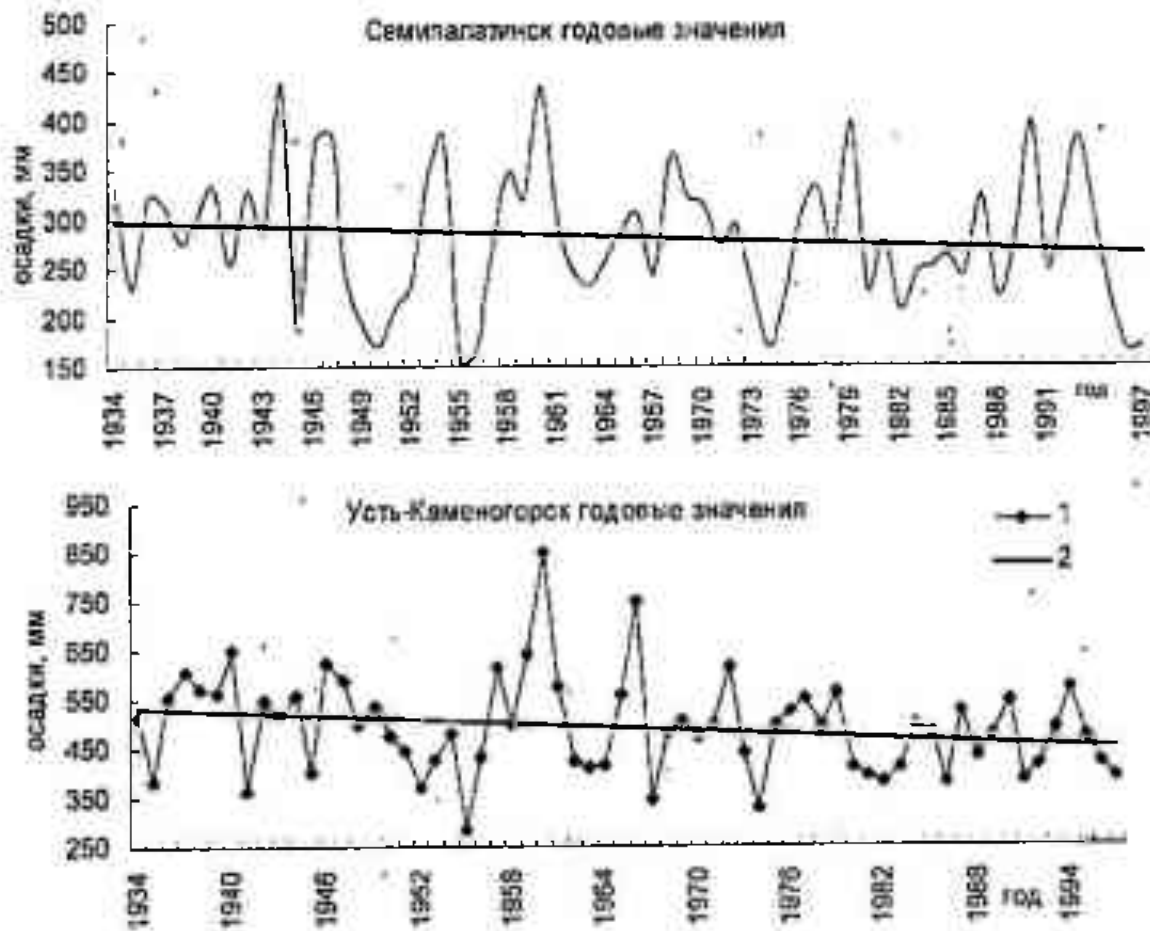


Рис 1. Временной ход годового количества осадков на станциях региона.  
1-временной ход температуры на станции; 2- линия тренда.

В Усть-Каменогорске временной ход осадков имеет наиболее выраженный значительный отрицательный тренд в регионе. Коэффициент тренда равен  $-1,28$ , т.е. ежегодно годовое количество осадков уменьшается в среднем на  $1,3$  мм. В вековом ходе осадков в Усть-Каменогорске 20-22-летние циклы выражены слабее, чем в Семипалатинске, т.е. труднее различимы их границы. Однако большая изменчивость количества осадков в цикле 1942-1962 гг. тоже имеет место, как и для Семипалатинска.

Семипалатинск расположен северо-западнее Алтая и открыт синоптическим процессам практически со всех сторон. Колебания в интенсивности этих процессов и их повторяемости хорошо проявляются и в ходе количества осадков. Усть-Каменогорск находится внутри горного массива у слияния рек Иртыша и Ульбы и открыт для вторжений по сути только с запада. Горы сглаживают особенности циркуляции, особенно экстремумы. Это и объясняет меньшую выраженность циклов, а также меньшую изменчивость осадков по сравнению с Семипалатинском. В то же время 5-6 и особенно 2-летние циклы имеют место [7, 8].

В других пунктах регистра – Семиярка, Кокпекты, Чалобай, Чарское и Лениногорск – тоже отмечаются отрицательные тренды осадков. Однако, значимые тренды имеют место только в Семиярке, Кокпекты, Чалобае и Лениногорске, составляя 0,4; 1,3; 0,2 и 1,1 мм/год соответственно. Следовательно, в Кокпекты и Лениногорске тренды довольно велики, они соизмеримы с трендом в Усть-Каменогорске. На фоне общего понижения количества осадков в регионе станции Шемонаиха, Кара-Аул и Зыряновск отмечают рост количества осадков. Правда, значимый рост имеет место только в Шемонаихе – 0,8 мм в год. В двух других пунктах коэффициенты тренда составляют 0,05 и 0,1, что находится в пределах естественного шума.

### *Внутригодовой ход количества осадков.*

Из чего состоит годовой тренд осадков, как он распределяется по сезонам года? Для этого рассмотрим временные тренды осадков по сезонам года. В Семипалатинске отрицательный тренд в 0,5 мм/год складывается из осеннего (-0,41 мм/год) и зимнего (-0,05 мм/год). Летом имеет место положительный тренд 0,1 мм/год. Таким образом, в разные сезоны вклад в отрицательный годовой тренд осадков различается не только по величине, но и по знаку.

В Усть-Каменогорске, где величина годового отрицательного тренда осадков почти в 3 раза больше, чем в Семипалатинске (1,28 мм/год), весной, летом и осенью, имеет место отрицательный тренд с величинами 0,4; 0,74 и 0,47 мм соответственно. Зимой, однако, тренд осадков положительный, значимый и равен 0,34 мм. Зная, что зимой большую часть времени над регионом господствует юго-западный отрог Сибирского антициклона, естественно предположить, что положительный тренд осадков зимой обусловлен снижением повторяемости гребня этого антициклона и некоторым усилением меридионального обмена, в частности, северными вторжениями. Над равниной эти вторжения не приводят к значительным осадкам (Семипалатинск), а в горах, под воздействием орOGRAPHии, прибавление осадков уже заметно.

Положительный значимый тренд осадков имеет место летом также в Чарском (0,31 мм в сезон) и незначимый в Семиярке (0,02 мм в год) и Чалобае (0,003 мм в год). В то же время в Чалобае имеет место значимый положительный тренд осадков зимой (0,25 мм в год), а в Зыряновске зимой (0,49 мм в год) и осенью (0,56 мм в год), в то время как летом и весной он значимый и отрицательный (-0,65 и -0,29 мм в год, соответственно). Положительный тренд осадков зимой имеет место в Лениногорске

(0,05 мм в год), в Кара-Ауле (0,15 мм в год), Шемонаихе (1,04 мм в год) и Чарском (0,22 мм в год), незначимый – в Кокпекты (0,02 мм в год).

Таким образом, на большинстве станций региона зимой имеет место значимый положительный тренд осадков, а весной на всех станциях – уменьшение количества осадков. В то же время летом часть станций отмечает рост, а часть – уменьшение количества осадков. Осенью, как и летом, часть станций отмечает уменьшение, а часть – незначительный рост осадков. Следовательно, можно утверждать, что отмечаемое большинством станций региона уменьшение количества осадков происходит за счет их уменьшения в основном весной, а отмечаемый некоторыми станциями рост – за счет увеличения зимних осадков.

#### *Временной ход интегральных разностей осадков "город-пригород".*

Хотя в [10] и сделан вывод о том, что временные интегральные разности не являются индикатором (тем более уникальным) изменения климата, их анализ все же представляет интерес. На рис. 2 представлен временной ход интегральных разностей "город-пригород" для Семипалатинска и станций "пригорода". Рисунок отражает выводы, которые мы уже получили из анализа временных рядов осадков. Однако представляет интерес ход самих кривых интегральных разностей осадков.

Так, отрицательная разность по станциям Семипалатинск-Шемонаиха плавно растет под влиянием факта большего количества выпадающих осадков в Шемонаихе по сравнению с Семипалатинском. Почти такой же плавный рост отрицательной разности для станций Семипалатинск-Чалобай. Однако, ход разности (тоже отрицательный) Семипалатинск-Чарское характеризуется большой неустойчивостью. Разброс значений вокруг прямой очень велик, что объясняется большой изменчивостью количества осадков от года к году на пустынной станции Чарское. В период с 1940-1960 г. эти разности были положительными, а затем перешли в отрицательные за счет заметного уменьшения количества осадков в Чарском в 20-летнем цикле 1940-1960 гг., который мы выделили ранее. Именно пустынная станция Чарское отметила в те годы самое заметное уменьшение осадков. Большая изменчивость осадков от года к году привела к значительному разбросу величин разности осадков и в последующие годы.

Разности осадков по станциям Семипалатинск-Кара-Аул и Семипалатинск-Семярка положительный и разброс данных около линии аппроксимации значителен, но не так велик как для пары Семипалатинск-Чарское. Это тоже указывает на пустынное положение станции.

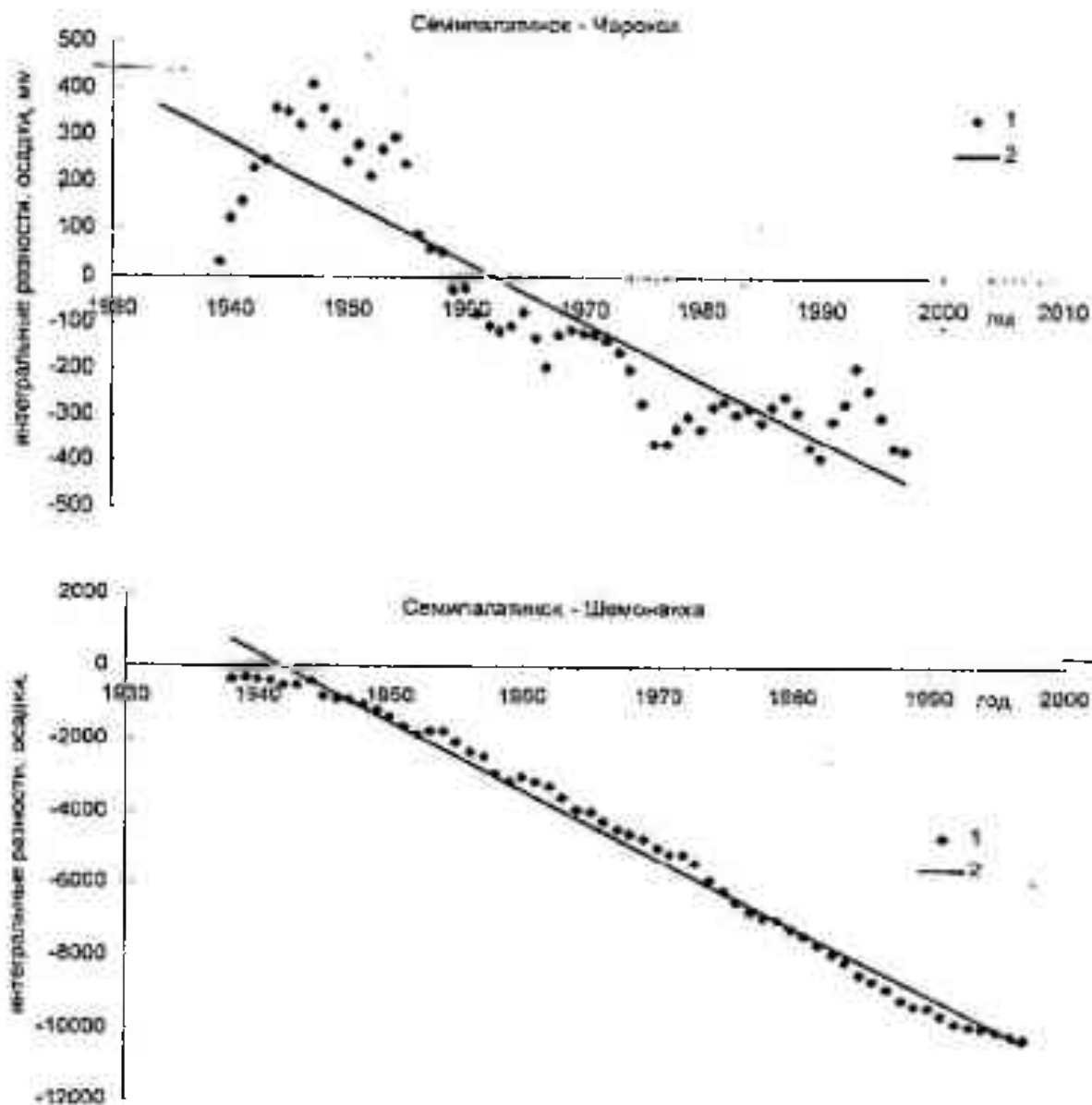


Рис.2. Временной ход интегральных разностей осадков в регионе Семипалатинска. 1- ход интегральной разности на станции Семипалатинск; 2- линия тренда.

Рассмотрим теперь интегральные разности осадков в районе Усть-Каменогорска и "пригородов" (рис 3). Чрезвычайно интересной является пара Усть-Каменогорск-Шемонаиха. С 1937 по 1970 г. положительные интегральные разности осадков увеличивались и довольно быстро. После 1970 г. величины этих разностей стали уменьшаться и тоже быстро. Собственно, ход разностей и есть парабола с верхней точкой в 1965-1970 гг., а не прямая. Такой ход разностей объясняется имеющим место заметным ростом осадков в Шемонаихе и их уменьшением в Усть-Каменогорске. Начало отмечаемых тенденций приходится на 1965-1970 гг. Примечатель-

но, что интегральные разности осадков Семипалатинск-Шемонаиха, будучи отрицательными, увеличиваются исключительно плавно, так как изменение количества осадков происходит синхронно и в Семипалатинске и в Шемонаихе.

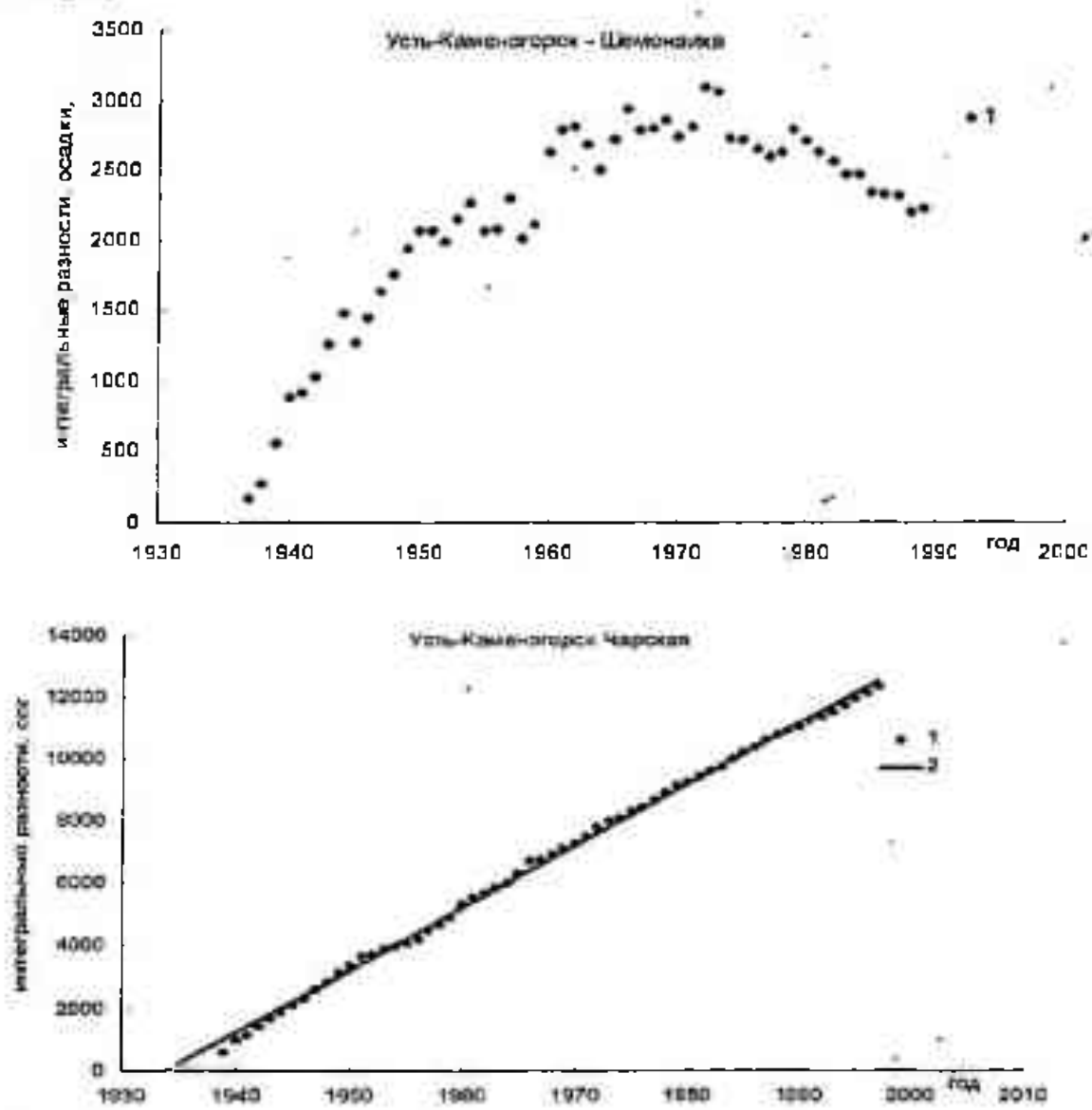


Рис. 3 Временной ход интегральных разностей осадков в регионе Усть-Каменогорска. 1- ход интегральной разности на станции Усть-Каменогорск; 2- линия тренда.

Из других пар станций района Усть-Каменогорска можно выделить Усть-Каменогорск - Лениногорск. Здесь происходит накопление отрицательных разностей почти по линейному закону. Ход интегральных разностей обычно ровный и указывает на постоянство факторов, определяющих его, которые мы назвали ранее в [10]. Здесь добавим, что, несмотря на непоказательность интегральных разностей, как индикатора изменения климата, анализ этих разностей позволяет оценить устойчивость свя-



зей или степень "одинаковости" процессов, формирующих осадки в двух выбранных точках.

### *Совместный анализ трендов температуры и осадков.*

Из теории общей циркуляции следует, что между температурой и осадками должна существовать определенная связь. Для умеренных широт эта связь обратная: в годы с более высокой температурой обычно выпадает осадков меньше нормы, а в годы с температурой ниже нормы осадков выпадает больше нормы [1, 3, 4, 7, 10]. Закономерность имеет простое объяснение: в годы с температурой выше нормы преобладает вынос на регион сухого тропического воздуха, а в годы, когда температура ниже нормы, преобладает вынос холодного влажного воздуха, в том числе с Атлантики.

Представляло интерес проверить, соблюдается ли отмеченная выше закономерность в вековых изменениях температур и осадков. Для этого проанализируем качественно временной ход температур и осадков по каждой станции, отмечая такие факты как совпадение или несовпадение знака тренда, наличие одних и тех же циклов в колебаниях, совпадение экстремумов.

Временные тренды температур и осадков по станциям региона за год и по сезонам представлены в табл. 2.

Таблица 2

Временные тренды температур ( $t$ , °C) и осадков ( $Q$ , мм) по станциям региона

Станция	Характеристики									
	год		зима		весна		лето		осень	
	$t$	$Q$	$t$	$Q$	$t$	$Q$	$t$	$Q$	$t$	$Q$
Семипалатинск	0,024	-0,51	0,141	0,05	0,020	-0,15	-0,049	0,10	-0,016	-0,41
Семиарка	0,021	-0,39	0,49	-0,09	0,035	-0,19	0,038	0,02	0,033	-0,12
Чарское	0,015	-0,08	0,143	0,23	-0,035	-0,11	0,011	0,31	0,053	0,1
Шемонаиха	0,034	0,80	0,211	1,05	0,069	-0,02	0,053	-0,19	0,072	0,08
Чалобай	0,038	-0,20	0,235	0,25	0,048	-0,16	0,073	0,00	0,120	-0,22
Кара-Аул	0,021	0,05	0,153	0,15	-0,009	0,14	0,048	-0,11	0,064	0,22
Усть-Каменогорск	0,007	-1,28	0,116	0,34	-0,012	-0,42	-0,03	-0,74	0,012	0,47
Лениногорск	0,016	-1,06	0,109	0,05	0,013	0,50	0,017	0,78	0,057	0,17
Кокпекты	0,014	-1,28	0,097	0,02	0,022	-0,44	-0,005	-0,33	0,058	-0,53
Зыряновск	0,043	0,10	0,225	0,49	0,139	-0,65	0,046	-0,29	0,104	0,56

Можно видеть, что для подавляющего большинства станций характерны отрицательные тренды осадков при положительных трендах температуры,

т.е. отмеченный нами рост температуры в регионе сопровождается уменьшением количества осадков. Исключение составляет Шемонаиха, где на фоне роста температуры имеет место заметный рост количества осадков, а также Зырянск и Кара-Аул с совсем незначительным ростом количества осадков.

По сезонам распределение более пестрое, тем не менее основные закономерности видны. Для зимы характерен рост количества осадков на фоне роста температуры, т.е. зависимость прямая, что объяснимо для зимы центральных районов континента: вторжения приносят не только влагу, но и более высокие температуры по сравнению со сложившейся в результате радиационного выхолаживания.

Весной практически на всех станциях, где имеет место рост температуры, тренд осадков отрицательный. На трех станциях — Чарское, Кара-Аул и Усть-Каменогорск имеет место отрицательный тренд температуры, но только в Кара-Ауле это сопровождается положительным трендом осадков.

Летом на 7 станциях региона отмечаются положительные тренды температуры, которым соответствуют отрицательные тренды осадков. На трех станциях в этом сезоне имеют место отрицательные тренды температуры, которые в двух случаях сопровождаются и отрицательными трендами осадков (табл. 2).

Осенью на пяти станциях тренд температуры положителен, которому только в трех случаях соответствует отрицательный тренд осадков. В Семипалатинске отрицательному тренду температуры соответствует и отрицательный тренд осадков.

Таким образом, в годовом ходе температуры и осадков в регионе просматривается закономерность, когда положительному тренду температуры в общем соответствует отрицательный тренд осадков. Однако, эта закономерность имеет сложную внутреннюю структуру: зимой (и в значительной мере — осенью) росту температуры в общем соответствует рост осадков и это перекрывается тем, что летом на большинстве станций росту температуры соответствует уменьшение количества осадков, дополняемое такими закономерностями по ряду станций и весной.

Задача установления согласованности циклов в колебаниях температуры и осадков оказалась чрезвычайно сложной, во-первых, из-за неоднозначности связей, а, во-вторых, из-за сдвига в экстремумах и неодинаковости по амплитуде отклика в колебаниях сравниваемых параметров. Так, для Семипалатинска в экстремально теплом в 1940 г. осадков выпало около нормы, а в холодный 1946 г. в ходе осадков имел место минимум

экстремально холодному 1964 г. соответствовало только некоторое понижение количества осадков и т.д.

Для Усть-Каменогорска в экстремально теплые 1961 и 1962 гг. осадки были существенно выше нормы. В экстремально теплый 1982 г. осадков было около нормы, а в экстремально холодный 1985 г. – тоже около нормы. Аналогичная ситуация имеет место и при сравнении сезонных значений температуры и количества осадков.

Трудность выявления согласованных циклов в ходе температуры и осадков объяснима. Она частично объяснена при сравнительном анализе годового и сезонного хода температуры [10]. Причина, прежде всего, в том, что между количеством осадков и температурой может быть как прямая, так и обратная связь. Зимой, например, экстремально низким температурам соответствует малое количество осадков, т.к. низкие температуры обусловлены влиянием Сибирского антициклона. Летом же, низкие температуры обусловлены частыми вторжениями из Атлантики и Баренцева моря, которые приносят много влаги, и связь между температурой и осадками обратная. В переходные сезоны эта связь может быть как прямой, так и обратной, что дополнительно усложняет анализ. Осадки, кроме того, явление. Они могут за несколько дней в сезон выпасть в количестве нормы, а на среднюю температуру сезона это не повлияет, она может оказаться зимой ниже, а летом выше нормы.

Совместный анализ временного хода температуры и осадков, видимо, следует выполнять иначе, привлекая для этого спектральный анализ к заранее рассчитанным автокорреляционным функциям температуры и осадков (т.е. к сглаженным временным рядам). Необходимо выделять не отдельный год, а периоды в несколько лет с пониженным и повышенным количеством осадков и увязать их с ходом температуры [1 и др.]. Это предполагается сделать в дальнейших исследованиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Г.В., Священников П.Н. Естественная изменчивость характеристик климата Северной полярной области и северного полушария. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 157 с.
2. Афанасьева Н.А., Бопдаренко Л.И., Русанова Т.С. Тенденции естественного и антропогенного характера в режиме местной погоды г. Алма-Аты за последние 50 лет //Материалы метеорологических исследований, 1980. №2. - С.-52.

3. Багдасарян А. А. Влияние города Ереван на режим некоторых метеорологических элементов. // Физические основы изменения современного климата. М.: Гидрометеоиздат, 1980. С. 104 - 106.
4. Байдал М.Х., Неушкин А.И. Глобальные атмосферно-циркуляционные факторы климата и их тенденции на ближайшие десятилетия. // Физические основы изменения современного климата. - М.: Гидрометеоиздат, 1980. - С. 46 - 49.
5. Бакиров К.Б. Режим температуры воздуха и атмосферных осадков внутреннего Тянь-Шаня (статистические исследования) // Дисс. к.г.н. Бишкек. - 1994. - 240 с.
6. Бакиров К.Б., Хейфец М.Н. Многолетние изменения климата на Тянь-Шане (статистический анализ временных рядов температуры воздуха и атмосферных осадков) // Перспективные методы планирования и анализа экспериментов при исследованиях случайных полей и процессов // Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции. -М.: МЭИ. - 1991.- С. 122 - 123.
7. Дроздов О.А. О связи многолетних колебаний температуры и увлажнения // Физические основы изменения современного климата. - М.: Гидрометеоиздат. - 1980. - С. 49 – 53.
8. Курс климатологии/ Под ред. Е.С. Рубинштейн. - Л.: Гидрометеоиздат, 1940. - 435 с.
9. Рубинштейн Е.С., Полозова А.Г. Современное изменение климата. - Л.: Гидрометеоиздат, 1966. - 268 с.
10. Чередниченко А.В. Тенденции изменения температуры воздуха над востоком Казахстана // Вестник Киргизско – Российского Славянского университета, серия метеорологическая, № 2. - Бишкек. 2000. - С. 24 - 35.

Казахский научно исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

## **ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ ЖАУЫН- ШАШЫНДАРДЫҢ ӨЗГЕРМЕЛІЛІГІ**

А.В. Чередниченко

*Қазақстандық Алтай мен оның маңындағы аумақта жауын-шашын жауын-шашындар мөлшерінің өзгеру тенденциялары қарастырылған. Жылдық жауын-шашын мөлшері трендерінің оң және теріс әрі соңғылары басымдау болатындығы көрсетілген. Және де станциялардың көбінің жауын-шашындардың көктем және жаз кезеңдерінде, сонымен қатар күзде азайып, қыс кезеңінде біраз көбейетіндігін атап көрсететіндігіне назар аударылған.*

УДК 528.711.1(203)

**СРЕДНЕСТАТИСТИЧЕСКИЕ АТМОСФЕРНЫЕ УСЛОВИЯ  
ПРОИЗВОДСТВА АЭРОФОТОСЪЕМКИ НА ТЕРРИТОРИИ  
КАЗАХСТАНА**

Доктор техн. наук Т. Калыбеков  
В.А. Хан

*В статье приводится анализ влияния основных параметров аэрофотосъемки на информационные качества аэрофотоснимков. Рассмотрены вопросы соответствия ГОСТов к материалам аэрофотосъемки, производимой для топографических целей, современным требованиям.*

Аэрофотосъемка является одним из способов получения информации о пространственно-временных отношениях на поверхности Земли. Технологическая схема производства аэрофотосъемки представляет собой фотографический канал получения информации. Из схемы фотографического канала передачи информации следует, что линией связи в данном случае служит слой атмосферы между объектом изучения и приемником, в качестве которого выступают технические средства аэрофотосъемки. Помехи на качество информации налагаются на этом участке канала. Влияние атмосферы сказывается на такие важнейшие дешифровочные признаки объектов как их яркость и контраст.

Состояние атмосферы непрерывно изменяется. Существует множество характеристик состояния атмосферы. С точки зрения оценки атмосферных условий на информационные качества аэрофотоснимков, выделяются такие ее параметры как прозрачность, дальность видимости, дымка. Влияние прозрачности атмосферы на дальность видимости хорошо иллюстрируется примером, приведенным в работе [3]. Если бы атмосфера состояла только из газов, то дальность видимости в дневное время составила около 300 км. Однако в атмосфере постоянно присутствуют продукты конденсации водяных паров и большое количество твердых частиц, микроорганизмов. Электромагнитное излучение взаимодействует как с молекулами газов, так и с твердыми частицами. Рассеивание, происходящее при таком взаимодействии, вызывает дымку Релея и Ми.

При этом необходимо отметить, что основное влияние атмосферы учитывается при расчете, конструировании и изготовлении оптики аэрофотоаппаратов и аэрофотопленки. Для практических целей производства аэрофотосъемки достаточно знать методику уменьшения влияния атмосферных помех, использованием таких технических средств как светофильтры, являющихся обязательным атрибутом любого аэрофотоаппарата, и средние статистические данные состояния атмосферы интересующего района в различные периоды съемочного сезона.

Несмотря на изменчивость состояния атмосферы, многолетние наблюдения за ее основными параметрами позволяют достаточно уверенно прогнозировать качество фотоизображения, не прибегая к расчетам, учитывающим их влияние, ограничившись анализом технических характеристик имеющихся средств аэрофотосъемки.

На практике основным параметром, используемым для оценки пригодности состояния атмосферы для целей аэрофотосъемки, является дальность видимости. Исследования этого параметра привели к разделению видимости на три уровня [2].

Хорошая дальность видимости  $S$ , равная 50 км, характеризуется высоким коэффициентом прозрачности  $T_{0,55}$  равным 0,82 и более.

Удовлетворительная дальность видимости ( $S = 20$  км) - характеризуется величиной  $T_{0,55}$ , равной 0,74.

Плохая дальность видимости ( $S = 5$  км и менее) - характеризуется величиной  $T_{0,55}$  равной 0,6 и менее.

Расчеты коэффициента прозрачности производятся для средней длины волны видимого диапазона спектра электромагнитных колебаний 0,55 мкм.

Очевидна также зависимость дальности видимости от высоты полета, характера ориентира, который выбран для ее определения.

Приведенная оценка дальности видимости пригодна для принятия решения о производстве аэрофотосъемки в данных условиях в процессе полета.

Нюанс, который следует учитывать, заключается в том, что метеорологические станции, обеспечивающие полеты авиации, дают в сводках погоды горизонтальную видимость. По определению, метеорологическая дальность горизонтальной видимости - это предельное расстояние, дальше которого, при данной прозрачности атмосферы, абсолютно черный объект больших угловых размеров ( $0,5^\circ$ ) сливается с фоном и становится невиди-

мым. При оценке атмосферных условий съемки, по этому параметру, хорошая видимость составляет 10 км и более.

Анализ статистических данных параметров аэрофотосъемки, выполненной ОАО "Бурундайавиа" за период 1986 - 2000 гг., позволяет, с достаточной степенью достоверности, определить количественно наличие благоприятной ясной погоды по регионам Казахстана [2]. Анализ показал, что практически в 100 % случаев вылетов, аэрофотосъемка производилась при наклонной дальности видимости 50 км, определенной с высоты полета 4-5 км, т. е. при наилучшем состоянии атмосферы. Поэтому для практических целей планирования и прогнозирования качества материалов аэрофотосъемки достаточно вывести статистическую периодичность появления съемочной погоды.

Большая территория Казахстана определяет неравномерность распределения съемочных погодных условий по регионам страны. Практическая работа по определению количества съемочных дней по месяцам в регионах бывшего СССР была осуществлена специалистами Государственного научно-исследовательского института Гражданской авиации (Россия). Однако работа не охватывает Среднеазиатский регион и Казахстан, поскольку считалось, что в этом регионе особых проблем с погодными условиями для целей аэрофотосъемки нет.

Статистический анализ позволяет классифицировать Республику Казахстан, по региональному признаку, на следующие уровни наличия благоприятных погодных условий съемки (табл. 1).

Таблица 1

Классификация регионов Республики Казахстан по погодным условиям, благоприятным для целей аэрофотосъемки

Регион	Классификация
Кзылординская, равнинные районы Южно-Казахстанской, Жамбылской, Алматинской областей;	1-ый уровень, наилучшие условия;
Атырауская, Мангистауская области;	2-ой уровень, очень хорошие условия;
Западно-Казахстанская, Актюбинская, Карагандинская области, равнинные районы Восточно-Казахстанской области;	3-ий уровень, хорошие условия;

Регион	Классификация
Костанайская, Акмолинская, Павлодарская области;	4-ый уровень, средние условия;
Северо-Казахстанская область;	5-ый уровень, ниже средних условия;
Горные районы Восточно-Казахстанской, Алматинской, Жамбылской, Южно-Казахстанской областей.	6-ой уровень, сложные условия.

Количественные характеристики погодных условий, благоприятных для целей аэрофотосъемки, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики погодных условий аэрофотосъемки по регионам Казахстана

Уровень	Продолжительность съемочного сезона	Период наилучших погодных условий	Периодичность появления съемочных дней, суток	
			лучший период	худший период
1	март-ноябрь	апрель-сентябрь	1	4
2	март-ноябрь	апрель-май, сентябрь-октябрь	2	6-8
3	апрель-октябрь	апрель-май, сентябрь-октябрь	3	7-9
4	май-октябрь	май, сентябрь	4	8-10
5	май-октябрь	апрель-май, сентябрь-октябрь	5	9-10
6	июль-сентябрь	сентябрь	4	10

Наличие данных статистического анализа погодных условий Казахстана, пригодных для целей аэрофотосъемки, позволяет с большой степенью достоверности прогнозировать возможности ее проведения с заданными параметрами качества.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаврова Н.П., Стеценко А.Ф. Аэрофотосъемка. Аэрофотосъемочное оборудование. - М.: Недра. - 1981. - 296 с.





УДК 528.711

## О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

В. А. Хан

*В статье приводится анализ влияния основных параметров аэрофотосъемки на информационное качество аэрофотоснимков. Рассмотрены вопросы соответствия ГОСТов материалам аэрофотосъемки, производимой для топографических целей, а также современным требованиям*

Исследования зависимости информативности аэрофотоснимков от технических параметров аэрофотосъемки четко выделяют в качестве основного параметра влияния высоту фотографирования. Высота фотографирования в совокупности с фокусным расстоянием аэрофотоаппарата определяют масштаб оригинала аэрофотоснимка, который является главным фактором обеспечения заданного пространственного разрешения. При прочих равных условиях, этот параметр можно изменять, добиваясь тем самым необходимого результата, когда нет возможности использовать наилучшие образцы технических средств аэрофотосъемки. Практически все предлагаемые способы определения численных (разрешающая способность) и качественных (пространственное разрешение) показателей разрешения фотоизображений в качестве одного из основных расчетных показателей содержат высоту фотографирования.

Информационные свойства фотоизображений зависят от физических признаков изучаемых объектов. Одним из главных демаскирующих и дешифровочных признаков являются его размеры. Высота фотографирования через масштаб влияют на размеры фотоизображения объекта, определяя тем самым вероятность его обнаружения, опознавания и получения численных и качественных характеристик, оказывая влияние на все уровни дешифрирования объектов.

Кроме прямого влияния через масштаб аэрофотоснимка на его пространственное разрешение, высота фотографирования оказывает существенное косвенное влияние. От высоты фотографирования напрямую зависит качество фотоизображения, с ее увеличением растет отрицательное влияние слоя атмосферы на контраст объектов.

Помимо высоты фотографирования существует целый комплекс технических условий аэрофотосъемки, направленных на обеспечение решения конечной цели - получения информации заданного качества. Выбор технических параметров аэрофотосъемки осуществляется на основании целей и задач решаемых посредством ее. Технические параметры приборов используемых при топографическом картографировании, лесоустройстве, землеустройстве и других областях деятельности человека, где использование аэрофотосъемки имеет полувекковую историю, давно исследованы и апробированы в соответствии с решаемыми задачами и используемыми технологиями.

С этой точки зрения представляет интерес анализ комплекса технических условий аэрофотосъемки, на предмет их соответствия современным технологиям. Для анализа целесообразно выбрать требования ГОСТа к материалам аэрофотосъемки, используемым для создания и обновления топографических карт и планов. (Основные положения по аэрофотосъемке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов. ГКИНП-09-32-80).

Анализ содержания "Основных положений", изданных в 1980 г и продолжающих действовать ныне в Казахстане, позволяет отметить их зависимость от основных задач, решаемых геодезическими службами государства на данном этапе, применяемой техники и технологий при создании топографических карт и планов.

Задача создания топографических карт масштабного ряда, вплоть до 1 : 25 000, на всю территорию Казахстана была решена к концу 80-х годов прошлого столетия. На передний план, для государственных геодезических служб, выходит задача обновления созданного масштабного ряда топографических карт. Возрастают объемы аэрофотосъемочных работ для целей решения природоресурсных, природоохранных, экологических задач, создания различного рода кадастров, цифровых карт и баз данных для ГИС. Очевидно, что данный документ должен служить источником информации для оценки возможностей данного вида дистанционного зондирования Земли при решении возможно большего спектра задач, сохраняя при этом функции ГОСТа, как эталона материалов аэрофотосъемки. Аэрофотосъемка, как классический метод дистанционного зондирования Земли, выполняется по одинаковым стандартам только в отношении продольного и поперечного перекрытия. Жестких стандартов в отношении остальных параметров съемки не существует. Современные средства

спутниковой навигации, открытый доступ к лучшим образцам фотоматериалов и аэрофотосъемочного оборудования, позволяют в принципе выдерживать самые жесткие требования к материалам аэрофотосъемки, каковыми являются действующие на данный момент "Основные положения". Однако, без ущерба для фактора экономической эффективности выполнения работ, сделать это трудно.

Основные принципы, которым должны соответствовать "Основные положения" в современных условиях, чтобы удовлетворять качественным, количественным, экономическим запросам потребителей, должны быть следующими:

1. К минимуму сводятся обязательные, жестко установленные параметры аэрофотосъемки, и максимально увеличиваются рекомендуемые;
2. В документе должны быть исключены запрещающие формулировки;
3. Возможно, максимальное увеличение информационно-справочного раздела документа;
4. Технические параметры аэрофотосъемки для создания топографических карт и планов должны отличаться от параметров съемки для их обновления;
5. Желательно разделение параметров съемки для целей обновления со стереорисовкой рельефа и без таковой.

Переходя к анализу документа по разделам, можно отметить следующие основные несоответствия современным требованиям.

#### **Объект аэрофотосъемки.**

В этом разделе заказчиков аэрофотосъемочных работ часто вводит в заблуждение пункт 2.3., касающийся условий объединения наименьших съемочных участков. В условиях Средней Азии и Казахстана часто встречаются объекты, расположенные в ущельях гор, аэрофотосъемка которых необходима в крупных масштабах. Выбирая масштаб съемки, заказчик ориентируется только на коэффициент увеличения стереоприборов и п. 4.2. действующих "Основных положений", который определяет допустимые колебания высоты полета над средней плоскостью участка. Принципы деления объекта съемки на наименьшие съемочные участки (п. 2.2. табл. 1) ограничений в колебании высот рельефа практически не предусматривают. Поэтому возникающие в подобных случаях значительные колебания масштаба съемки приводят к недоразумениям.

По этой причине было бы целесообразным ввести рекомендательный пункт о необходимости определения допустимых колебаний масштаба аэрофотосъемки, увязанных с параметрами условий объединения наименьших съемочных участков и допустимыми колебаниями высоты фотографирования.

#### **Аэрофотосъемочные маршруты.**

В этом разделе, как и во всех других, прослеживается необходимость разделения рекомендуемых и обязательных пунктов. Пункт, требующий проектирование осей крайних маршрутов по границам съемочных участков, приводит к загромождению поперечного перекрытия. Логичнее было бы ограничиться требованиями по минимальному обеспечению продольных границ съемочного участка.

Требования к фотограмметрическому качеству материалов аэрофотосъемки. Главными параметрами аэрофотосъемки в этом разделе, влияющими на объемы работ на всех этапах создания топографической карты, являются продольное и особенно поперечное перекрытие снимков. Заложенный в "Основных положениях" принцип их определения для всего съемочного участка приводит, как правило, к сгущению поперечного перекрытия и, следовательно, к увеличению количества маршрутов. Давая возможность выбора потребителю и исполнителю, целесообразно включить в этот раздел пункт о по маршрутной съемке объекта со стандартным значением продольного и поперечного перекрытия, с определением высоты фотографирования на каждый маршрут.

Для облегчения выбора метода съемки информационно-справочный раздел документа должен содержать данные о технических параметрах воздушных судов, применяемых на аэрофотосъемке, спутниковых навигационных систем и приборов.

#### **Требования к аэрофотоаппаратуре.**

В информационном разделе должны быть приведены технические характеристики всех производимых в мире аэрофотоаппаратов. Не очень ясна суть требования (п. 6.2.) проведения лабораторных исследований аэрофотоаппаратов раз в два года. Качество работы фотокамеры может быть проверено путем контрольной обработки стереопары, полученной в ходе контрольного облета. Проведенный анализ изменений элементов внутреннего ориентирования, в течение всего периода их определений, показал их колебания вокруг среднего значения. Смысл перевычисления элементов

внутреннего ориентирования появляется после ремонта или замены узлов, влияющих на их величину. Достаточно ограничиться требованиями к параметрам топографического аэрофотоаппарата, точности их определения. Текущая проверка пригодности фотокамеры может производиться различными методами. Вполне очевидно, что производитель работ несет финансовую ответственность перед заказчиком за качество изготавливаемой продукции, и вряд ли есть необходимость в ГОСТе регламентировать время и способ проверки исправности оборудования.

Таким образом, выбор технических параметров аэрофотосъемки определяется сопоставлением решаемых задач с используемыми технологиями, наличными техническими средствами и финансовыми возможностями потребителя.

Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева  
Аэрофотосъемочное производство ОАО "Бурундайавиа"

## **АЭРОФОТОСУРЕТКЕ ТҮСІРУДІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ӨЛШЕМДЕРІН ТАҢДАУДЫҢ КЕЙБІР МӘСЕЛЕЛЕРІ**

В.А. Хан

*Мақалада аэрофототүсіріс ақпараттық сапасына әсерін тигізетін аэрофототүсірістің негізгі параметрлерін талдау келтірілген. Топографиялық мақсаттар үшін жүргізілетін аэрофототүсірістер материалдарының ГОСТ-қа байланысты сәйкестік мәселелері қаралған.*

УДК 626.144

**ЗАИЛЕНИЕ КАНАЛОВ ПРОДУКТАМИ ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ**

Канд. техн. наук С.М. Койбаков

А. Аманбаев

Канд. техн. наук

Б.М. Мыржикбаев

*В данной статье рассматриваются эрозионно-аккумулятивные процессы на мелиоративных объектах. Предлагается метод расчета количественной оценки заиляемости каналов продуктами дефляции почв.*

Песчаные заносы и выдувание грунта широко распространенные природные явления. Исследования песчаных заносов в Казахстане начаты Русским географическим обществом с 80-х годов девятнадцатого века в связи со строительством железной дороги [3]. За этот период значительный вклад в решение проблемы песчаных заносов и дефляции почв внесли работники научно-исследовательских и проектных институтов, а также строительных организации Казахстана. Например, в частности КазНИГ-МИ с 60-х годов изучаются вопросы дефляции почв в различных районах Казахстана. Для изучения этих вопросов в лабораторных условиях построена азродинамическая труба, и разработаны пескоуловители для измерения массы песка в полевых условиях [2, 7].

Сильные ветры, вызывающие дефляцию почв, приводят также к заносам и заилениям мелиоративных каналов. Заносы и заиления на мелиоративных каналах также препятствуют своевременному пропуску расчетного расхода воды при осуществлении влагозарядковых и вегетационных поливов, что в конечном итоге отражается на рекомендованной технологии возделывания сельскохозяйственных культур и их продуктивности. В этой связи существует настоятельная необходимость разработки инженерных, агротехнических мероприятий по борьбе с заносами на обводнительно-оросительных каналах [4].

Например, 1991 г. в Жамбылской области объемы очистных работ межхозяйственной сети при длине 290,3 км составил 1354 тыс. м<sup>3</sup>, а внутрихозяйственной сети при длине 486,3 км - 1437 тыс. м<sup>3</sup>. При этом объемы приходящейся на долю ветровой эрозии не определены.

В гидравлике наносы представляют собой совокупность твердых частиц, переносимых водным потоком. Одни и те же грунтовые частицы могут перемещаться по дну или в толще потока в зависимости от скорости и глубины потока. Наносы распределяются в глубине потока неравномерно, наибольшее количество наносов перемещается у дна. Аналогичные процессы происходят и при ветровой эрозии почв (дефляции). Отделение частицы от дна происходит за счет несимметричного обтекания ее потоком и образования за ней зоны отрыва потока, где возникают турбулентные вихри. Степень насыщения потока взвешенными наносами часто характеризуется мутностью — весовым или объемным количеством наносов, которое данный поток содержит в единице объема. Транспортирующей способностью потока называется наибольшая мутность потока при данных гидравлических условиях. Характеристикой наносов являются размеры их частиц (гранулометрия), удельный вес и поведение твердых частиц в потоке. Удельный вес твердых грунтовых частиц обычно находится в пределах от 2400 до 2800 кг/м<sup>3</sup>. Крупность наносов характеризуется средневзвешенным диаметром частиц, определяемым при механическом анализе.

Заносимость русел каналов продуктами ветровой эрозии, т.е. снего-песко-аккумуляционная способность канала освещены в работах [4, 5]. При движении воды в каналах русла канала не заносится продуктами ветровой эрозии, а имеет лишь место заиление русла.

Рассмотрим заиление русел каналов продуктами ветровой эрозии. Объем, расход, максимальная крупность частицы грунта при ветровой эрозии, подносящейся к каналу, при известных данных метеостанции определяется по рекомендациям А.Л. Андрейчука [1]. Твердый расход при ветровой эрозии на единицу длины определяется по формуле

$$q = 0,0275 \cdot u_{15}^3 \cdot f_1 \cdot A, \quad (1)$$

где  $u_{15}$  — скорость ветра на высоте 15 см над почвой связан со скоростью ветра на высоте флюгера  $u_{\phi}$  зависимостью в виде  $u_{\phi} = 2 \cdot u_{15}$ ;  $f_1$  — коэффициент учитывающий комковатость,  $A$  — вероятность эродирования.

Продукты ветровой эрозии, попадая в воду, становятся наносами воды (рис. 1). На протяженности канала выражения для мутности воды  $\rho$  в канале можно написать следующим образом

$$\rho = \frac{q \cdot x}{Q}, \quad (2)$$



где  $x$  – расстояние от начала попадания наносов в канал до начала отложения их в наносы, м,  $Q$  – расход воды в канале.

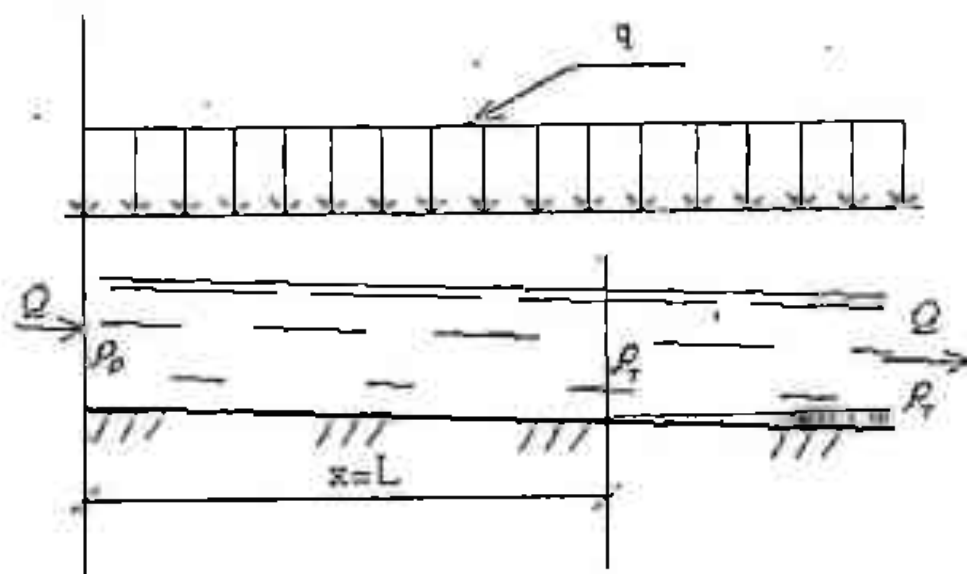


Рис. 1. Схема перехода продуктов дефляции почв в наносы на каналах.

Отсюда видно, что мутность воды в канале увеличивается в прямой зависимости от расстояния  $x$ . Транспортирующая способность канала определяется по существующим формулам незаиляемости, подходящим конкретно данному условию. Например, для канала можно определить по формуле Ф.С. Салахова [6]

$$\rho_T = 0,0135 \cdot \frac{U_k^3}{H_{cp} \cdot w_0}, \quad (3)$$

где  $U_k$  – скорость движения воды в канале, м/с;  $H_{cp}$  – средняя глубина воды в канале, м;  $w$  – средняя гидравлическая крупность, м/с, соответствующая диаметру частицы  $d$ , мм. В нашем случае для ветровой эрозии [4], определяется исходя из скорости массового влечения по формуле

$$d = 2 \cdot \left( \frac{u_{12}}{12,2} \right)^2, \quad (4)$$

Подверженность русла каналов запосам и заилению существенно зависят и от угла воздействия ветра. Принимаем угол между направлением ветра и осью канала равным  $\alpha$ . В определенных условиях на некотором расстоянии ( $L$ ) мутность воды может превысить транспортирующей способности  $\rho_T$ , т.е.

$$L = \frac{\rho_T \cdot Q}{q \cdot \text{Sin}\alpha} \quad (5)$$

Тогда на нижележащем участке канала образуется избыток наносов на единицу длины  $\rho_{из} = \frac{q \cdot \text{Sin}\alpha}{Q}$ , и будет происходить осаждение наносов (продуктов ветровой эрозии).

Зная расстояние  $L$ , при котором начинается отложение наносов, и скорость движения воды в канале  $U_c$ , можно найти время  $t_2$ , после которой будут происходить аккумуляция наносов

$$t_2 = \frac{L}{U_c} \quad (6)$$

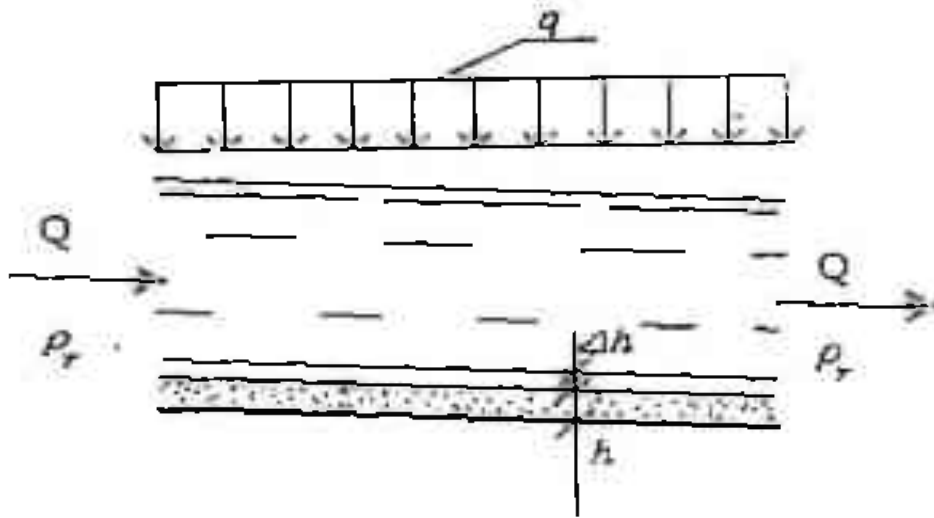


Рис. 2. Схема к расчету отложения наносов.

Величину слоя отложения  $h$  за период продолжительности ветра  $t \geq t_2$  (рис.2), в первом приближении без учета формы сечения канала можно оценить как

$$h = \int_{t_2}^t \frac{q \cdot \text{Sin}\alpha \cdot dt}{B \cdot \gamma_{отл}} = \frac{q \cdot \text{Sin}\alpha \cdot (t - t_2)}{B \cdot \gamma_{отл}}$$

где  $B$  - ширина водной поверхности, м,  $\gamma_{отл}$  - плотность отложения равна  $1650 \text{ кг/м}^3$ .

В табл. 1 приведены результаты расчета интенсивности дефляции почв при комковатости грунта 5%.

Таблица 1

Результаты расчета интенсивности дефляции почв при комковатости  
грунта 5% и при вероятности эродирования  $A = 0,95$

$u_{\phi}$	$u_{15}$	$f_1$	$q$
6	3	0,02	0,0141
8	4	0,03	0,0502
10	5	0,04	0,1306
12	6	0,055	0,3104
14	7	0,07	0,627
16	8	0,085	1,137
18	9	0,095	1,809
20	10	0,11	2,874
22	11	0,15	5,216
24	12	0,17	7,674
26	13	0,19	10,905
28	14	0,2	14,337
30	15	0,23	20,28
32	16	0,26	27,82

Результаты расчета заиления каналов при  $B/H_{cp} = 2,0 - 2,5$ , различных скоростях ветра, скоростях движения воды и глубинах приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета заиления каналов продуктами дефляции почв за час при перпендикулярном ветре при комковатости грунта 5%

$U_r, \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\rho_T, \text{ кг/м}^3$	$L, \text{ м}$	$t, \text{ с}$	$h, \text{ м}$
$u_{\phi} = 6 \text{ м/с}; u_{15} = 3 \text{ м/с}; q = 0,014 \text{ г/(м·с)}; d = 0,121 \text{ мм}; w = 0,0088 \text{ м/с}$						
0,5	0,2	0,05	0,959	3424	6849	-
	0,5	0,31	0,384	8561	17122	-
	1	1,25	0,192	17122	34243	-
	1,5	2,81	0,128	25682	51365	-
	2	5	0,096	34243	68486	-
1	0,2	0,1	7,670	54789	54789	-
	0,5	0,625	3,068	136972	136972	-
	1	2,5	1,534	273945	273945	-

Продолжение табл.

$U_r, \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\rho_T, \text{ кг/м}^3$	$L, \text{ м}$	$t, \text{ с}$	$h, \text{ м}$
	1,5	5,625	1,023	410917	410917	-
	2	10	0,767	547890	547890	-
1,5	0,2	0,15	25,888	277369	184913	-
	0,5	0,94	10,355	693423	462282	-
	1	3,75	5,178	1386846	924564	-
	1,5	8,44	3,452	2080268	1386846	-
	2	15	2,589	2773691	1849127	-
$u_\phi = 12 \text{ м/с}; u_{15} = 6 \text{ м/с}; q = 0,31 \text{ г/(м}\cdot\text{с)}; d = 0,484 \text{ мм}; w = 0,049 \text{ м/с}$						
0,5	0,2	0,05	0,172	28	56	0,0017
	0,5	0,3125	0,069	69	139	0,0007
	1	1,25	0,034	139	278	0,0003
	1,5	2,8125	0,023	208	417	0,0002
	2	5	0,017	278	555	0,0001
1	0,2	0,1	1,378	444	444	0,0015
	0,5	0,5	0,551	889	889	0,0005
	1	2	0,276	1777	1777	0,0002
	1,5	4,5	0,184	2666	2666	0,0001
	2	8	0,138	3555	3555	0,0000
1,5	0,2	0,15	4,649	2250	1500	0,001
	0,5	0,75	1,860	4499	3000	0,0001
	1	3	0,930	8999	5999	-
	1,5	6,75	0,620	13498	8999	-
	2	12	0,465	17997	11998	-
$u_\phi = 24 \text{ м/с}; u_{15} = 12 \text{ м/с}; q = 7,67 \text{ г/(м}\cdot\text{с)}; d = 1,935 \text{ мм}; w = 0,188 \text{ м/с}$						
0,5	0,1	0,0125	0,090	0	0	0,084
	0,5	0,3125	0,018	1	1	0,017
	1	1,25	0,009	1	3	0,008
	1,5	2,8125	0,006	2	4	0,006
	2	5	0,004	3	6	0,004
	0,2	0,1	0,359	5	5	0,042
	0,5	0,625	0,144	12	12	0,017

$U_{\text{ср}}$ , м/с	$H$ , м	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\rho_1$ , кг/м <sup>3</sup>	$L$ , м	$t$ , с	$h$ , м
1	1	2,5	0,072	23	23	0,008
	1,5	5,625	0,048	35	35	0,006
	2	10	0,036	47	47	0,004
1,5	0,2	0,15	1,212	24	16	0,042
	0,5	0,9375	0,485	59	39	0,017
	1	3,75	0,242	118	79	0,008
	1,5	8,4375	0,162	178	118	0,005
	2	15	0,121	237	158	0,004

Как видим, предлагаемый метод расчета позволяет делать количественную оценку степени заиления каналов при продолжительных сильных ветрах, при различных режимах движения воды в канале для принятия соответствующих мер.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрейчук А.Л. Устойчивость почв к дефляции и теоретические аспекты почвозащитной технологии: Автореф. дис. . . доктор биол. наук. - М., 1984. - 43 с.
2. Вопросы дефляции почв./ А.П. Агаркова, О.Е. Семенов, Л.П. Федюшина и др. // Тр. КазНИГМИ. -1972. - Вып.49. - 168 с.
3. Закиров Р.С. Железные дороги в песчаных пустынях. - М.: Транспорт, 1980. - 221 с.
4. Койбаков Б.М. Орошение в Северном и Центральном Казахстане. - Алматы. - 2000.- 247 с.
5. Койбаков С.М. Снегозаносимость каналов и меры по ее предупреждению: Автореф. дис. . . канд. техн. наук. - Павлодар, 1987. - 27 с.
6. Салахов Ф.С. Гидравлический расчет ирригационных отстойников / Тр. АзНИИГиМа. - 1964. - С. 17-35.
7. Семенов О.Е. Особенности строения приземного слоя атмосферы при песчаных бурях./Материалы конференции "Проблемы гидрометеорологии и экологии". - Алматы: КазгосИНТИ, 2001. - С. 59 - 63.

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати  
Жамбылский филиал Нацбанка РК

## КАНАЛДАРДЫҢ ЖЕЛ ЭРОЗИЯСЫ ЗАТТАРЫМЕН ҰЙЫҚТАНУЫ

Техн. ғылымд. канд.

С.М. Қойбақов

А. Аманбаев

Техн. ғылымд. канд.

Б.М. Мыржықбаев

*Осы ұсынылған мақалада мелиоративтік объектілердегі эрозиялық-аккумулятивтік процестер қарастырылады. Каналдарда топырақ дефляциясының өнімдерінің шөгуді көлемін есептеу әдісі ұсынылады.*

УДК 551.491.818

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО ВЛИЯНИЯ НЕФТЯНОЙ ПЛЕНКИ НА ИСПАРЕНИЕ С ПОВЕРХНОСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

Канд. геогр. наук

В.В. Голубцов

Канд. техн. наук

В. И. Ли

*Рассматривается оценка возможного влияния нефтяной пленки на испарение с поверхности Каспийского моря. Предлагается способ, оценки этого влияния, основанный на сопоставлении интегральных характеристик испарения с водной поверхностью, рассчитанных в зависимости от метеорологических факторов и определенных из уравнения водного баланса моря. По результатам исследований делается вывод, что в настоящее время загрязнение моря нефтепродуктами не оказывает существенного влияния на испарение с его поверхности.*

В период современного повышения уровня Каспийского моря (1978 – 1995 гг.) испарение с его поверхности было пониженным. Этот факт подтверждается исследованиями и расчетами водного баланса моря, выполненными в ГОИНе (Государственном Океанографическом Институте) и других научных учреждениях Российской Федерации и Республики Казахстан. Причины пониженного испарения в последние десятилетия ученые объясняют различными причинами. Так, по мнению Голицына [7], пониженное испарение в последние десятилетия обусловлено влиянием изменения скорости ветра над водоемом. В широкой печати часто высказывается мнение о том, что современное повышение уровня моря в значительной мере было обусловлено сокращением испарения под влиянием его загрязнения нефтепродуктами, приводящего к образованию на его поверхности нефтяной пленки.

Экспериментальные исследования Валдайской Научно - исследовательской Гидрологической Лаборатории (ВНИГЛ) Государственного Гидрологического Института Российской Федерации (ГГИ РФ), выполненные в 1951 – 1956 гг., показали, что при наличии нефтяной пленки испарение с водной поверхности уменьшается примерно в два раза [4]. Это указывает на то, что нефтяная пленка ограничивает интенсивность

вылета молекул воды в процессе испарения. В дальнейшем более широкие исследования по ограничению испарения с водной поверхности были выполнены для молекулярных пленок жирных спиртов, в частности кашалотового жира [6].

Институтом энергетики Республики Казахстан (КазНИИЭ) было исследовано влияние молекулярных пленок ряда жирных спиртов на испарение с водной поверхности [3]. Эти исследования показали, что при ветре не выше 2 – 3 м/с наибольшее уменьшение испарения в испарителях ГГИ – 3000, установленных на суше, дали спирты из кашалотового жира с нормой запуска для поддержания мономолекулярного слоя равной 0,1 г/м<sup>2</sup> в сутки. В результате величины испарения уменьшались на 30 – 82%, составляя, в среднем, за период эксперимента с 10.07 по 10.10 1991 г. около 60% по сравнению с данными испарения в испарителе с водой, не покрытой пленкой. Эти исследования позволили установить, что под монослоем спирта из кашалотового жира температура воды повышается в отдельные месяцы до 4 °С по сравнению с температурой в контрольном испарителе с чистой водой.

В 1962 г. аналогичные опыты проводились КазНИИЭ путем использования в водно-испарительных бассейнах различной площади, а также на плесе р. Кенгир [3]. Они показали, что для создания и поддержания устойчивой мономолекулярной пленки, эффективно уменьшающей испарение, достаточно производить запуск вещества с интенсивностью 0,1 г/м<sup>2</sup> в сутки. В результате экспериментов при этой норме запуска было достигнуто сокращение испарения на 34% и 15% соответственно в испарителях площадью 3 м<sup>2</sup> и 20 м<sup>2</sup> и около 22% на плесе р. Кенгир площадью 400 м<sup>2</sup>. Экспериментами также установлено, что эффект использования мономолекулярных пленок для сокращения с поверхности воды зависит от скорости ветра: При скорости ветра более 4 м/с монослой полностью сносится к наветренной стороне испарителя или к наветренному берегу плеса. В этом случае уменьшается эффективность использования монослоя для сокращения испарения с водной поверхности.

Интересные исследования влияния мономолекулярной пленки на испарение были также выполнены в Институте Водных Проблем Армении [1, 5]. Они показали, что при наличии на водной поверхности мономолекулярной пленки температура поверхностного слоя воды повышается из-за накопления тепла солнечной радиацией в условиях замедления процес-



са испарения. При удалении пленки, которое в естественных условиях может произойти во время ветрового волнения, испарение увеличивается, в определенной мере компенсируя его уменьшение за время пребывания поверхности воды под мономолекулярной пленкой. Эти результаты указывают на сложность рассматриваемого процесса и неоднозначность выводов о влиянии нефтяной пленки на испарение с водной поверхности в естественных условиях.

Специальные эксперименты по оценке влияния нефтяной пленки на испарение были также проведены Институтом Географии Азербайджана на острове Пиромахи в Каспийском море [9]. Для этого были использованы три испарителя ГГИ-3000, установленные на суше. Они заполнялись морской водой, причем ее поверхность в двух из них покрывалась нефтяной пленкой различной толщины. Одновременно с определением испарения проводились наблюдения за метеорологическими элементами (температура воздуха, осадки, скорость ветра), а также за температурой воды в испарителях. Проведенные исследования показали, что с увеличением толщины нефтяной пленки существенно уменьшается испарение с водной поверхности и увеличивается температура поверхности воды. Это дает основание полагать, что наличие нефтяной пленки на поверхности Каспийского моря может оказать определенное влияние на испарение с его акватории.

Полученные в перечисленных выше и других работах выводы о снижении испарения с водной поверхности, покрытой молекулярной пленкой, и полученные в испарителях и водоемах сравнительно небольших размеров, по-видимому, нельзя в полной мере распространять на такой громадный водоем как Каспийское море. Это связано в первую очередь с покрытием водной поверхности испарителей (экспериментальных бассейнов) и моря мономолекулярной пленкой. В настоящее время площадь моря, покрытая нефтяной пленкой, может быть оценена только приблизительно. Можно только полагать, что загрязнение моря нефтепродуктами и значительный рост площади водной поверхности, покрытой нефтяной пленкой, начался с конца 50-х – начала 60-х годов XX века. Следует отметить, что на характер ее распространения по поверхности моря оказывают значительное влияние ветровые условия и волнение, а также ледовая обстановка.

Провести исследование влияния нефтяной пленки на испарение с поверхности моря с учетом всех этих условий не представляется возможным из-за технических трудностей, а также экономических возможностей Прикаспийских государств. В этих условиях могут быть использованы только оценки, полученные с помощью косвенных методов. Предлагаемый способ основан на сопоставлении интегральных характеристик испарения с водной поверхности, рассчитанных в зависимости от метеорологических факторов и определенных из уравнения водного баланса. Следует полагать, что при расчете испарения как остаточного члена уравнения водного баланса в условиях однородности определение других его составляющих (в первую очередь речного стока) будет включать и влияние на его величину нефтяной пленки. На рис. 1 приведена связь за 1990–1998 гг. интегральных характеристик испарения с поверхности моря, рассчитанных в зависимости от метеорологических факторов по методике ГОИНа [2] и испарения, определенного из уравнения водного баланса моря. Аналогичная связь (рис. 2) получена и при расчете испарения за указанный период по методике Смирновой К.И. [8].

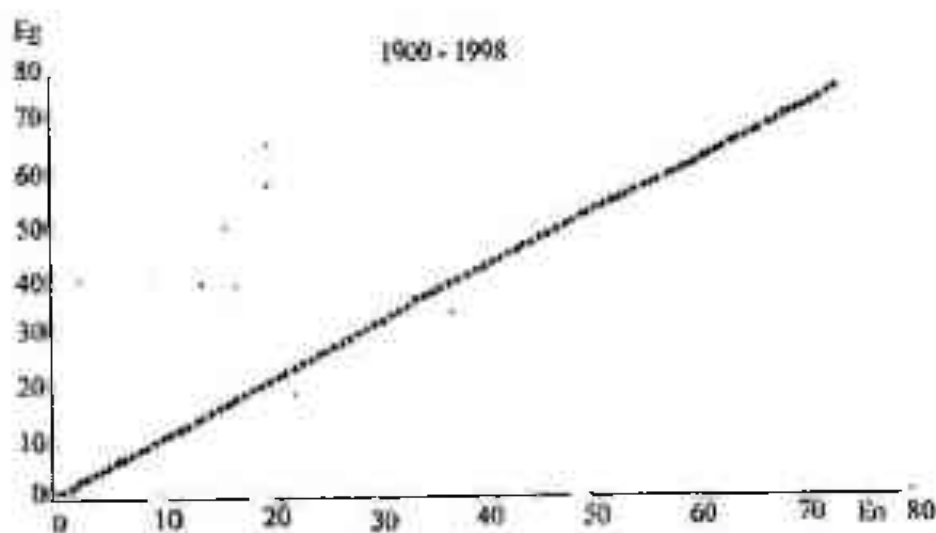


Рис. 1. График связи интегральных характеристик испарения с поверхности Каспийского моря, рассчитанных по методике ГОИНа ( $E_g$  тыс. мм) и полученных из уравнения водного баланса ( $E_n$  тыс. мм).

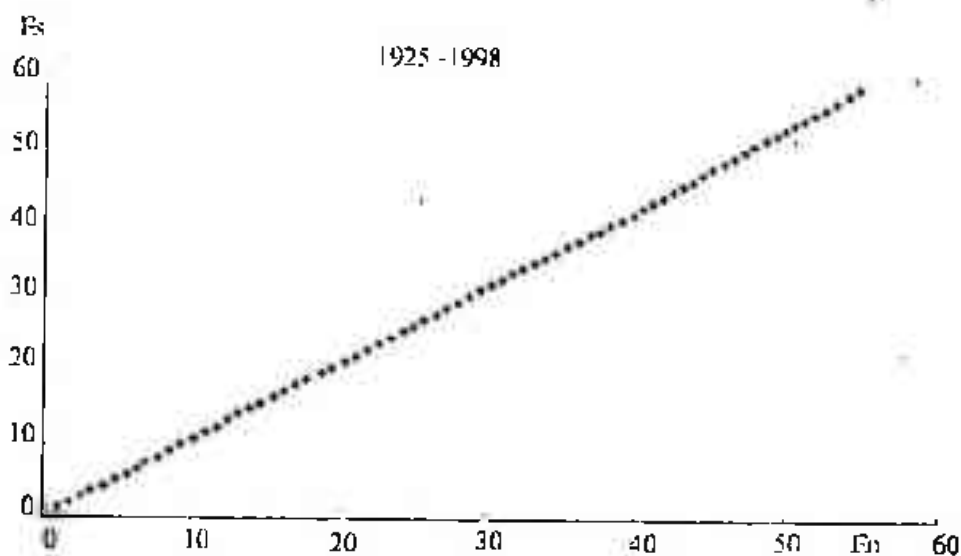


Рис. 2. График связи интегральных характеристик испарения с поверхности Каспийского моря, рассчитанных по методике К. Смирновой ( $E_s$ , тыс. мм) и полученных из уравнения водного баланса ( $E_n$ , тыс. мм).

Угол наклона этих связей по отношению к осям координат не меняется в течение 1900 – 1998 гг. Это указывает на то, что нефтяная пленка пока не оказывает существенного влияния на испарение с поверхности моря. В противном случае угол наклона этой связи к осям координат изменился бы в течение рассматриваемого периода. Однако это не означает, что нефтяная пленка не оказывает влияния на испарение. Это противоречило бы рассмотренным выше экспериментам, которые показывают, что покрытие водной поверхности мономолекулярной пленкой приводит к снижению испарения и повышению температуры поверхностного слоя воды. В условиях волнения на море, приводящего к нарушению непрерывности полей, покрытых пленкой, повышение температуры поверхности воды, по видимому, приводит к увеличению испарения и компенсации снижения его величины под влиянием мономолекулярной пленки [1]. Поэтому, на данной стадии изученности этого вопроса можно полагать, что загрязнение моря нефтепродуктами в настоящее время не сказывается на величине испарения с его поверхности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние повышения температуры под молекулярной пленкой на величину испарения после удаления пленки. Ананян А.К., Бек-Мармачев Б.И., Тер-Аствацетрян М.И. и др. // Материалы Межведомственного совещания по проблеме изучения и регулирования испарения с водной поверхности и почвы. 30 июля – 3 августа 1963 г. – ГГИ, г. Валдай, 1964. - С. 236-244.
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том 6, Каспийское море, Вып.1.Гидрометеорологические условия. / Под ред. Ф.С. Терзиева, А.Н. Косарева, А.А. Керимова. - Л.: Гидрометеиздат, 1992. - 360 с.
3. Капитонова Н.П., Краснов Б.А. Исследование химических мер борьбы с испарением в Центральном Казахстане // Проблемы гидроэнергетики водного хозяйства. - Алма-Ата: Изд-во «Наука», 1964. - Вып. 2. - С. 243-250.
4. Макарова В.С., Кузнецов В.И. О влиянии мономолекулярных пленок на испарение с водной поверхности // Труды ГГИ. - 1961. - Вып. 91. - С. 23-29.
5. Опыт применения мономолекулярной пленки для уменьшения испарения с поверхности воды. Ананян А.К., Бек-Мармачев Б.И., Жамагорцян В.Н. и др. // Материалы Межведомственного совещания по проблеме изучения и регулирования испарения с водной поверхности и почвы. 30 июля – 3 августа 1963 г. – ГГИ, г. Валдай, 1964. - С. 220-228.
6. Пушкарев В.Ф. Применение химических средств борьбы с потерями на испарение с водной поверхности // Материалы Межведомственного совещания по проблеме изучения и регулирования испарения с водной поверхности и почвы. 30 июля – 3 августа 1963 г. – ГГИ, г. Валдай, 1964. - С. 146-160.
7. Региональные изменения климата и их проявления в современном подъеме уровне Каспийского моря. Голицын Г.С., Дзюба А.В., Осипов А.Г. и др. // Доклады Академии наук СССР, т. 313, №5, 1990. С. 1224 - 1227.
8. Смирнова К.И. Водный баланс и долгосрочный прогноз уровня Каспийского моря. - Л.: Гидрометеиздат. – 1972. - 123 с.
9. Экспериментальное исследование влияния пленки нефти на испарение и поверхностную температуру водоемов. Абакаров М.И., Абдурахма-

нов Ч.А., Гумбатов А.И. и др. // Известия АН Азербайджанской ССР, Серия наук о земле. – 1963. - № 6. - С. 47 – 52.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

### **МУНАЙ ҚАБЫРШАҒЫНЫҢ КАСПИЙ ТЕҢІЗІ ҮСТІНІҢ БУЛАНУЫНА ЫҚТИМАЛДЫ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

Геогр. ғылымд. канд. В.В. Голубцов

Техн. ғылымд. канд. В. И. Ли

*Мұнай қабыршағының Каспий теңізі үстінің булануына ықтималды әсерінің бағалана қарастырылған. Сол әсерді метеорологиялық факторларға байланысты есептеліп, теңіздің су балансын теңдеу арқылы анықталған су бетінен шыққан буланудың интегралды сипаттамаларын салыстыруға негізделе отырып бағалау тәсілі ұсынылады. Зерттеу нәтижелері бойынша қазіргі кезеңдегі теңіздің мұнай өнімдерімен ластануы одан шыққан булануға қатты әсер емпейді деген қорытынды жасалған.*

УДК 551.465.755:519.688

**К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТСЧЕТНОГО ГОРИЗОНТА ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ НАГОНОВ НА КАСПИЙСКОМ МОРЕ**

Канд. геогр. наук Н.И. Ивкина

*В статье анализируются различные варианты определения отсчетного горизонта при исследовании и прогнозировании нагонных явлений на Каспийском море. Приведены корреляционные зависимости для расчета среднего (фонового) уровня моря по уровню воды, измеренному на М Пешной.*

Для Каспийского моря, особенно для его северной части, характерны нагонные явления, возникающие под действием ветра. Ветровые колебания уровня воды проявляются сильнее, если существует меньше условий для развития компенсационных течений. Развитие таких течений в северо-восточном Каспии крайне затруднительно из-за его мелководности. Поэтому в этом районе наблюдается наибольший размах ветровых колебаний.

Малые уклоны дна и прилегающей суши этого района создают условия для проникновения штормовых вод далеко вглубь, вызывая затопление больших участков казахстанского побережья и нанося большой урон хозяйственным и промышленным объектам, населению и экологии региона. Причиняемый ущерб может быть значительно снижен путем строительства защитных сооружений, а также заблаговременным предупреждением (прогнозом) о штормовом нагоне.

В настоящее время проходит производственные испытания система оперативного предупреждения о штормовых нагонах. На основе датской технологии MIKE 21 создана гидравлическая модель Каспийского моря, сфокусированная на районы казахстанского побережья [3, 8]. Модель откалибрована и верифицирована на данных о крупных нагонах прошлых лет. Одним из входных параметров этой модели является фоновый или начальный уровень моря. До настоящего времени в вопросе о том, что считать началом отсчета при оценке значений нагонов и сгонов единого мнения не существует.

Предлагаются различные варианты, так А.И. Симонов [6] при определении высоты сгонов и нагонов за фоновый (начальный) горизонт принимает штилевой уровень. Штиль берется по ветру.

Однако необходимо отметить, что не перед всеми нагонами и сгонами отмечаются длительные штили. Кроме того, как следует из табл. 1, штили, по данным М Пешной, не такое частое явление в исследуемом районе. В среднем за год фиксируется только 17 % случаев штилевых периодов.

Таблица 1

Количество штилей по месяцам по М Пешной

Год	Месяц												Сумма
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1979	2	5	8	19	9	20	23	23	19	19	5	8	160
1980	10	4	5	7	14	25	25	27	21	13	17	7	175
1981	12	8	15	17	18	25	30	37	15	16	13	6	212
1982	7	5	8	14	17	19	17	21	28	16	15	15	182
1983	12	11	15	18	24	22	34	30	21	25	11	18	241
1984	3	7	15	22	31	32	33	18	22	20	22	12	237
1985	23	13	23	12	28	14	15	25	26	12	18	23	232
1986	12	15	14	18	25	21	22	34	19	27	15	11	233
1987	12	11	7	19	26	31	27	30	18	27	21	26	255
1988	15	14	3	11	12	25	28	27	24	42	23	16	240
1989	11	5	25	20	25	26	46	37	35	27		20	277
1990	25	20	17	26	24	21	36	46	37	34	28	28	342
1991	13	27	16	14	25	31	39	40	48	44	46	14	357
1992	9	26	16	20	20	27	19	31	33	22	29	33	285
1993	22	3	13	21	10	34	27	22	22	33	21	21	249
1994	24	21	19	12	14	7	8	16	22	14	21	16	194
1995	17	15	8	10	10	25	12	15	17	23	32	15	199
1996	35	21	11	18	24	23	24	10	23	29	10	9	237
1997	8	19	18	16	12	17	29	25	17	19	15		195
1998			11	7	17	21	40	31	25	32	21	33	238
1999	30	17	43	22	23	35	44	27	35	26	20	38	360
2000	16	17	31	30	22	15	19	21	31	41	26	13	282
Ср, %	12	11	13	14	16	20	22	22	21	21	16	14	17

М.Н. Костяницын [4] для расчета сгонов и нагонов берет за начальный горизонт среднемесячный уровень, который, по его мнению, прогнозируется. Х.К. Уланов за отсчетный горизонт для сгонно-нагонных колебаний уровня принимает положение уровня моря до начала явления (самое низкое положение при нагоне и самое высокое - при сгоне) [7]. М.М. Архангельский [1] предлагает за отсчетный горизонт принимать средний уровень за 10-15 суток, предшествующих сгону или нагону. Однако, в настоящее время на северо-восточном побережье Каспийского моря регулярно работает только М Пешной. Данная станция находится в устье р. Урал и, естественно, испытывает на себе ее влияние. Использование информации по этой станции дает хорошие результаты для прилегающего к ней района побережья. В то же время Каспийское море является достаточно сложным в физико-географическом отношении объектом. Его условно делят на три части: северную - со средней глубиной 5-6 м и максимальной -15-20 м, среднюю - со средней глубиной 190 м и южную - наиболее глубоководную часть Каспийского моря с глубинами, достигающими 1000 м [2]. Соответственно и гидродинамические процессы развиваются по-разному. На рис.1 отчетливо видно, что ход уровня по М Пешной отличается от среднего (фонового) уровня моря, рассчитанного по четырем станциям, расположенным в средней и южной частях моря, а именно по М Баку, Махачкала, Туркменбаши и Форт-Шевченко. Следовательно, при расчете высоты нагонной волны в пунктах, расположенных в других районах моря, использование данных об уровне воды по М Пешной может привести к ошибкам.

Поэтому для исследования нагонов в различных частях моря целесообразно использовать рекомендации М.М. Рогова [1]. Он рекомендует принимать за отсчетный горизонт для сгонов и нагонов фоновый уровень моря, т.е. длиннопериодные колебания уровня моря, которые определяются водообменом и атмосферными процессами и на которые накладываются более кратковременные колебания. При этом высота сгонов и нагонов зависит от того, на каком уровне они происходят.

Как было отмечено выше, наблюдения за гидродинамическими процессами на северо-восточном побережье регулярно ведет только М Пешной. Поэтому для определения фонового уровня моря ( $H_{cp}$ ), т.е. выбранного отсчетного горизонта, были выявлены корреляционные зависимости от уровня воды по М Пешной ( $H_r$ ) за различные периоды года,



которые приведены на рис. 2 и 3. Как показал анализ этих зависимостей, преобладающее большинство точек на всех графиках отклоняются от линии связи в допустимых пределах. Кроме того, были рассчитаны статистические характеристики - коэффициент корреляции ( $R$ ), среднеквадратическое отклонение ( $\delta$ ), допустимая погрешность ( $\delta_{\text{доп}}$ ), среднеквадратическая ошибка прогноза ( $S$ ), критерий применимости и качества прогнозов  $S/\delta$ . Поскольку все уравнения носят линейный характер, то при расчете величины  $S$  число степеней свободы принималось равное 2. Результаты оценки представлены в табл. 2.

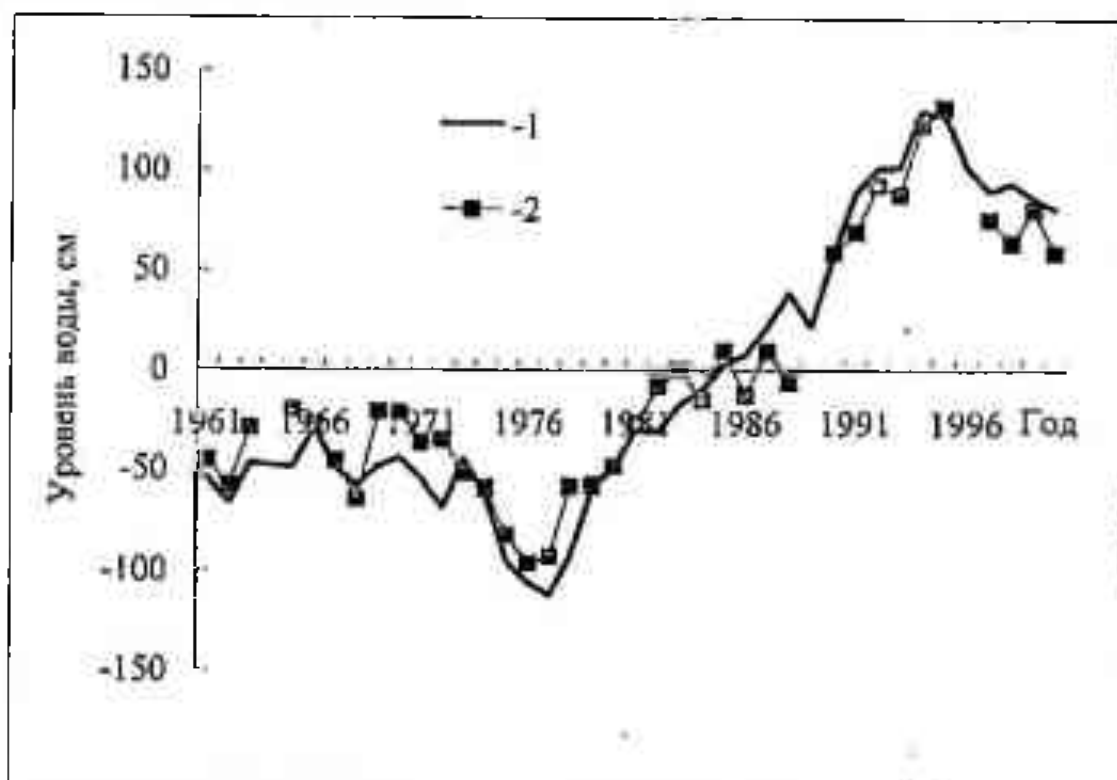


Рис. 1. График хода среднегодовых уровней моря. 1 - средний уровень, рассчитанный по М Баку, Махачкала, Туркменбаши и Форт-Шевченко; 2 - уровень воды по М Пешиной.

Таблица 2

Корреляционные уравнения для расчета фонового уровня моря

Месяц	Уравнение	R	$\pm\delta$	$\pm\delta_{\text{доп}}$	S/ $\delta$
Январь	$H_{\text{ср.01}} = 1,05 H_{\text{п.12}} - 3,91$	0,96	68,53	46,19	0,23
Февраль	$H_{\text{ср.02}} = 1,06 H_{\text{п.01}} - 7,61$	0,95	68,19	45,96	0,24
Март	$H_{\text{ср.03}} = 1,03 H_{\text{п.02}} - 6,09$	0,91	66,61	44,90	0,32
Апрель	$H_{\text{ср.04}} = 1,08 H_{\text{п.01}} + 5,50$	0,89	66,00	44,49	0,36

Месяц	Уравнение	R	$\pm\delta$	$\pm\delta_{доп}$	S/ $\delta$
Май	$H_{ср.05} = 1,05 H_{п.04} + 0,28$	0,86	63,82	43,02	0,40
Июнь	$H_{ср.06} = 1,04 H_{п.05} - 23,32$	0,80	61,96	41,76	0,50
Июль	$H_{ср.07} = H_{п.06} - 17,21$	0,86	63,93	43,09	0,41
Август	$H_{ср.08} = 1,06 H_{п.07} - 6,77$	0,93	69,27	46,68	0,27
Сентябрь	$H_{ср.09} = 1,07 H_{п.08} - 3,81$	0,94	68,98	46,49	0,26
Октябрь	$H_{ср.10} = 1,06 H_{п.09} - 4,87$	0,93	66,73	44,98	0,28
Ноябрь	$H_{ср.11} = 1,05 H_{п.10} - 4,24$	0,91	66,54	44,85	0,32
Декабрь	$H_{ср.12} = 1,13 H_{п.11} - 1,84$	0,95	68,53	46,19	0,23

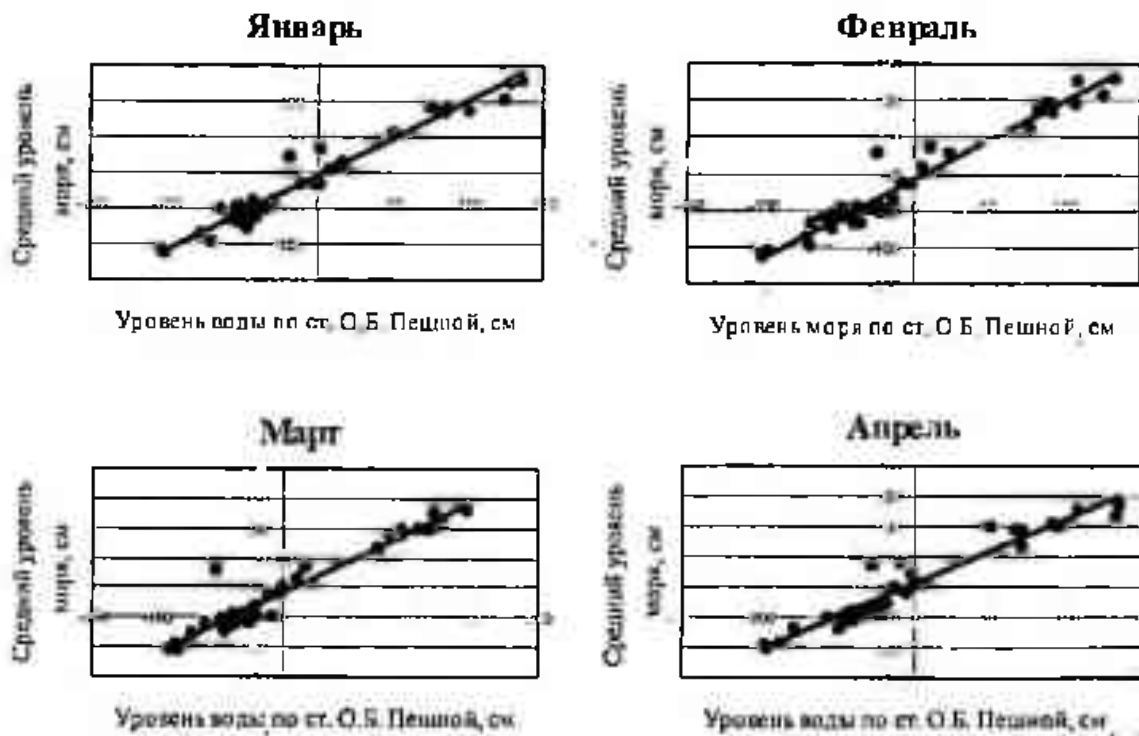


Рис. 2. Корреляционные зависимости уровня воды по М Пешной со средним уровнем моря за период с января по апрель.

Как видно из табл. 2, предложенные уравнения характеризуются значениями отношения среднеквадратической ошибки прогноза (S) и среднеквадратического отклонения в пределах от 0,23 до 0,50. Обеспеченность составляет от 85 до 97 %. Коэффициент корреляции находится в пределах от 0,80 до 0,96. В соответствии с Наставлением по службе прогнозов [5], полученные критерии свидетельствуют о достоверности пред-

ложенных уравнений и позволяют рекомендовать их для расчета среднего уровня Каспийского моря.

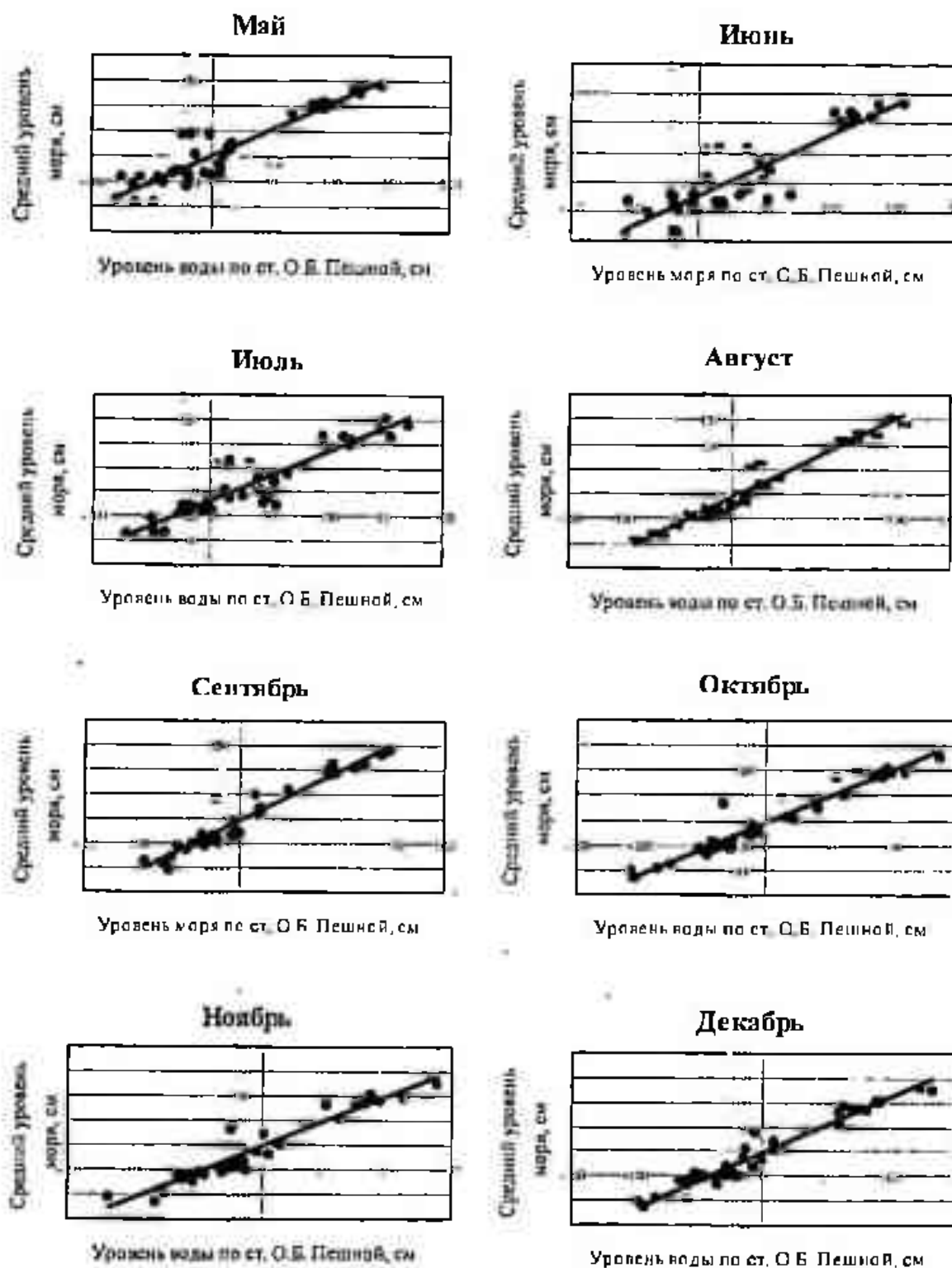


Рис. 3. Корреляционные зависимости уровня воды по М Пешной со средним уровнем моря за период с мая по декабрь.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архангельский М.М. Сгонно-нагонные явления в устьях рек, впадающих в моря без приливов // Труды ГОИН. - 1965. - Вып. 28/40. - С. 46-63.
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей том IV. Каспийское море, вып.1. Гидрометеорологические условия.- Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат.- 1992.- 359 с.
3. Ивкина Н.И., Строева Т.П., Васенина Е.И. и др. К вопросу о создании батиметрической модели Каспийского моря // Гидрометеорология и экология. - 1997. - N 2. - С.103 - 109.
4. Костяницын М.Н. Сгонно-нагонные колебания уровня воды в Бугском лимане // Труды ГОИН. - 1962. - Вып. 66. - С. 67-75.
5. Наставление по службе прогнозов.- Л.: Гидрометеорологическое издательство. - 1962. - 193 с.
6. Симонов А.И. Оценка влияния сгонно-нагонных явлений на величину среднегодового уровня (на примере Азовского моря) // Труды ГОИН.- 1961.- Вып. 61.- С. 39-40.
7. Скриптунов Н.А., Ган Г.Н. Проникновение кратковременных колебаний уровня моря в устье Невы // Труды ГОИН. - Вып. 78. - 1964. - С. 40 - 64.
8. Шиварева С.П., Ивкина Н.И., Строева Т.П. Создание модели предупреждения экологических кризисов в период сгонно-нагонных явлений на казахстанском побережье Каспийского моря // Промышленная экология и охрана водных экосистем: Сборник статей конференции.- 1997.- С. 43-49.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

### **КАСПИЙ ТЕҢІЗІНДЕГІ СУ ДЕҢГЕЙІНІҢ КӨТЕРІЛУІН БОЛЖАУ КЕЗІНДЕ ЕСЕПТЕУ КӨКЖИЕГІН АНЫҚТАУ МӘСЕЛЕСІНЕ**

Геогр. ғылымд. канд.            Н.И. Ивкина

*Мақалада Каспий теңізіндегі су деңгейінің көтерілуін зерттеу және болжау кезінде есептеу көкжиегін анықтаудың бірнеше нұсқасы талданады. Пеишя М олиенген су деңгейі бойынша орташа (фондық) теңіз деңгейін есептеуге арналған корреляциялық тәуелділіктер келтірілген.*

УДК 556.555.3(282.255.51)

**БОКОВОЙ ПРИТОК РЕЧНЫХ ВОД В КАПШАГАЙСКОЕ  
ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

Канд. геогр. наук	И. И. Скоцеляс
Канд. техн. наук	В. И. Ли
Канд. геогр. наук	В. П. Попова
	С. А. Ерисковский

*Получены 56-летние ряды годового стока в устьях рек, впадающих в Капшагайское водохранилище, и суммарного бокового притока речных вод в водоем. Проведен анализ изменения этого притока за указанный период. Предложены аналитические выражения зависимостей, пригодных для определения притока по данным о стоке рек у выхода из гор и водозаборах на хозяйственные нужды.*

Капшагайское водохранилище является крупным искусственным водоемом Республики Казахстан, расположено в ее юго-восточной части, существует с 1970 года. Основные проектные характеристики этого водоема следующие: площадь зеркала 1847 км<sup>2</sup>, полный объем 28 км<sup>3</sup>, протяженность 187 км. Площадь водосбора 113 тыс. км<sup>2</sup>.

Водоохранилище используется для многолетнего регулирования стока р. Или с целью выработки гидроэлектроэнергии Капшагайской ГЭС, полива сельскохозяйственных земель на Шенгельдинском орошаемом массиве, осуществления рыболовства и судоходства. Побережье и акватория водохранилища являются также зоной летнего отдыха населения. Попуски воды из него в нижний бьеф оказывают значительное влияние на водный режим дельты р. Или и изменение уровня воды оз. Балхаш.

Кроме р. Или, из которой поступает основная часть речных вод, в Капшагайское водохранилище впадают: слева - реки Шилик (Чилик), Каскелец, Мал. Алматинка, Кутентай, Саз-Талгар, Есик (Иссык), Курозек, Карасу, Лавар, Теренкара, Актоган и ручей Шадай, справа - ручей Шенгельды (рис. 1). Суммарный сток в устьях этих левобережных и правобережных водотоков, а также сбросы по двум каналам из прудового хозяй-



Алматинка впадала в р. Каскелен и сток обеих рек суммарно учитывался существовавшими постами, а позже, наравне с р. Каскелен, стала самостоятельным притоком Капшагайского водохранилища и ее сток учитывался отдельно. Кстати, данные по стоку в устье р. Мал. Алматинка имеются только за 1971, 1972, 1986 и 1987 годы.

Неоднородность данных о стоке р. Каскелен в определенной мере может быть обусловлена и некоторым различием в дренировании подземных вод на гидрологических постах, существовавших в устье в разное время. Выклинивание подземных вод, как известно, связано с глубиной вреза русла реки, в свою очередь при прочих равных условиях зависящей от площади водосбора. Последняя же для устьевых постов на р. Каскелен составляла от 2640 до 3800 км<sup>2</sup>, т. е. изменялась в 1,4 раза.

Боковой приток речных вод в Капшагайское водохранилище полностью учитывался только в 1986 и 1987 годах. При этом, кроме наблюдений, проводившихся Казгидрометом на реках Каскелен, Шилик и руч. Шенгельды, Казгипроводхозом дополнительно были произведены измерения стока в устьях всех остальных водотоков, достигающих Капшагайского водохранилища (рис. 1).

Таким образом, имеющиеся фактические данные о боковом притоке речных вод в Капшагайское водохранилище, как правило, недостаточно полные, а с конца 80-х годов прошедшего столетия наблюдения за стоком в устьях рек вообще не производятся. В то же время при решении некоторых гидрологических и водохозяйственных задач, например при расчетах водного баланса и эксплуатации водохранилища, во избежание систематических потребностей учет бокового притока речных вод является крайне необходимым. Поэтому при отсутствии или недостаточности фактических данных возникает потребность в разработке и использовании также расчетных методов.

Исследования авторов данной работы показали, что в случае отсутствия фактических данных по р. Шилик годовой сток в ее устье можно определить с помощью следующего выражения:

$$Q_{ш,у} = Q_{ш,м} - 0,86 \cdot Q_{вз} - 8,29, \quad (1)$$

где  $Q_{ш,у}$  - средний годовой расход воды в устье р. Шилик, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{ш,м}$  - средний годовой расход воды р. Шилик у с. Малыбай, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{вз}$  - суммарный водозабор в бассейне р. Шилик, м<sup>3</sup>/с.

Теснота связи, описанной выражением (1), характеризуется коэффициентом множественной корреляции  $R = 0,80$ .

Для расчета среднего годового расхода воды в устье р. Каскелен авторами получено два выражения:

$$Q_{K,U} = Q_{K,K} + 1,69(Q_{БМ} + Q_{МА} + Q_A + Q_{Ш}) - 6,32, \quad (2)$$

$$Q_{K,U} = Q_{K,K} + 3,17Q_{БМ} - 12,6, \quad (3)$$

где  $Q_{K,U}$  - средний годовой расход воды р.Каскелен в устье, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{K,K}$  - то же р. Каскелен у г. Каскелен, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{БМ}$  - то же р. Бол. Алматинка у выхода из гор, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{МА}$  - то же р. Мал. Алматинка у г. Алматы, м<sup>3</sup>/с;  $Q_A$  - то же р. Аксай у с. Аксай, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{Ш}$  - то же р. Шемолган у с. Шемолган, м<sup>3</sup>/с.

Для этих выражений коэффициент множественной корреляции  $R$  соответственно равен 0,86 и 0,75. Первое из них можно использовать для расчета среднего годового расхода воды в устье р. Каскелен при отсутствии или пропусках данных наблюдений в период до создания Капшагайского водохранилища, второе - в аналогичных случаях, но в годы существования последнего (в связи с отделением р. Мал. Алматинка от р. Каскелен). При этом до 1952 г. средний годовой расход воды р. Бол. Алматинка у выхода из гор необходимо принимать таким же, как и на посту р. Бол. Алматинка - в 2 км ниже устья руч. Тересбутак, а в последующие годы - как суммарный расход р. Бол. Алматинка в 2 км выше устья р. Проходной (с учетом канала ГЭС) и в устьях р. Проходная и руч. Тересбутак.

Наличие сравнительно тесных корреляционных связей, описанных выражениями (2) и (3), объясняется относительно одинаковым уровнем хозяйственной деятельности в бассейнах рек Каскелен и Мал. Алматинка в те периоды, для которых они получены. Это подтверждается данными о водозаборах.

Для рек Мал. Алматинка и Есик в период существования Капшагайского водохранилища годовые расходы воды в устьях при отсутствии данных наблюдений можно определить с помощью следующих выражений:

$$Q_{МА,U} = 0,39Q_{K,U} + 2,46, \quad (4)$$

$$Q_{Е,U} = 0,52 Q_{K,U} - 1,08, \quad (5)$$

где  $Q_{МА,U}$  - средний годовой расход воды р. Мал. Алматинка в устье, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{K,U}$  - то же р. Каскелен в устье, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{Е,U}$  - то же р. Есик в устье, м<sup>3</sup>/с.



Корреляционные связи, описанные выражениями (4) и (5), установлены на основе использования данных наблюдений и результатов моделирования стока в устьях рек Мал. Алматинка и Есик, выполненного Ж. Д. Достаевым [3]. Влияние хозяйственной деятельности на сток в этих выражениях учтено косвенно, в годовом стоке в устье р. Каскелен. Коэффициенты корреляции соответственно равны 0,76 и 0,80.

Средний годовой расход воды в устье р. Есик до создания Капшагайского водохранилища можно определить с помощью выражения

$$Q_{к.у} = 0,37 Q_{к.у} - 2,00, \quad (6)$$

где  $Q_{к.у}$  - средний годовой расход воды в устье р. Каскелен, включающий расход в устье р. Мал. Алматинка, м<sup>3</sup>/с.

Выражение (6) получено в результате преобразования (5) и подстановки в него

$$Q_{МА.у} = 0,28 Q_{к.у} + 1,77, \quad (7)$$

что в свою очередь следует из (4) в связи с упоминавшейся выше разницей в расходах воды в устье р. Каскелен до и после создания Капшагайского водохранилища.

Выражения (1) - (6) использованы авторами для восстановления средних годовых расходов воды в устьях рек Шилик, Каскелен, Мал. Алматинка и Есик за годы с полным или частичным отсутствием данных наблюдений. Вклад же остальных левобережных притоков (Кутентай, Саз-Талгар, Курозек, Карасу, Лавар, Теренкара, Актоган, Шадай, сбросных каналов из прудхоза в Карасу-Лаварском междуречье) в поступление речных вод в Капшагайское водохранилище в таких случаях определен суммарно. Приблизительно, на основе осредненных данных наблюдений, производившихся Казгипроводхозом в 1986 и 1987 годах, его величина принята равной 21 % общего стока в устьях этих водотоков и рек Каскелен, Мал. Алматинка, Есик.

Данные о годовом стоке в устьях ( $Q_y$ ) левобережных рек, впадающих в водохранилище, включая восстановленные значения, приведены в табл. 1. Там же помещены подсчитанные по ним величины суммарного бокового притока речных вод ( $Q_{bn}$ ) к контуру Капшагайского водохранилища, в том числе и за сравнительно длительный период, предшествовавший созданию этого искусственного водоема.

По данным табл. 1, годовой приток из левобережных рек в среднем за 56-летний период (1942-1997 гг.) оказался равным 31,9 м<sup>3</sup>/с. Наи-

большая его величина достигала 61,6 (1942 г.), а наименьшая составляла 10,3 м<sup>3</sup>/с (1991 г.). В общем поступлении речных вод в водохранилище, включающем и основной сток из р. Или, это соответствовало 11,0 и 2,3 %.

Таблица 1

Средние годовые расходы воды в устьях рек и суммарный боковой приток в Капшагайское водохранилище, м<sup>3</sup>/с

Год	Река					Суммарный боковой приток
	Шилик	Каскелен	Малая Алматинка	Есик	Кутентай и др.	
1942	24,2	23,0		6,48	7,84	61,5
1943	14,4	13,8		3,20	4,52	35,9
1944	12,8	9,20		1,01	2,71	25,7
1945	18,1	11,1		2,78	3,69	35,7
1946	15,8	17,5		4,92	5,96	44,2
1947	16,8	19,7		6,23	6,88	49,6
1948	14,8	16,5		4,45	5,57	41,3
1949	18,7	17,4		5,15	5,99	47,2
1950	18,8	15,4		3,92	5,14	43,3
1951	18,1	10,6		3,05	3,63	35,4
1952	22,0	19,3		5,89	6,70	53,9
1953	19,8	14,8		4,09	5,02	43,7
1954	21,5	15,3		4,93	5,38	47,1
1955	18,5	16,3		4,75	5,60	45,2
1956	21,0	17,3		4,20	5,72	48,2
1957	6,87	13,5		3,67	4,56	28,6
1958	17,4	19,7		5,56	6,71	49,4
1959	19,9	19,9		4,63	6,52	51,0
1960	15,5	21,1		4,93	6,92	48,5
1961	6,53	16,7		3,87	5,47	32,6
1962	10,0	14,1		2,65	4,45	31,2
1963	13,9	19,2		5,73	6,63	45,5
1964	5,42	18,7		5,99	6,56	36,7
1965	7,72	12,6		2,99	4,14	27,5
1966	20,8	19,4		4,37	6,32	50,9
1967	6,89	17,5		4,66	5,89	34,9

Год	Река					Суммарный боковой приток
	Шилик	Каскелен	Малая Алматинка	Есик	Кутентай и др.	
1968	2,36	12,7		1,96	3,90	20,9
1969	9,50	17,6		2,58	5,36	35,0
1970	14,0	14,5	9,43	2,72	7,08	47,7
1971	9,46	6,58	5,34	1,44	3,55	26,4
1972	8,20	5,81	4,68	1,88	3,29	23,9
1973	10,0	9,86	4,30	1,38	4,13	29,7
1974	4,96	4,12	3,11	1,47	2,31	16,0
1975	5,47	5,00	3,49	1,84	2,75	18,6
1976	5,04	5,01	5,23	2,00	3,25	20,5
1977	6,34	5,12	5,17	1,42	3,11	21,2
1978	8,58	5,30	3,99	1,77	2,94	22,6
1979	8,17	7,37	4,13	1,73	3,52	24,9
1980	5,43	7,28	5,08	1,88	3,79	23,5
1981	6,21	9,30	5,66	2,67	4,69	28,5
1982	5,50	5,41	4,05	2,15	3,09	20,2
1983	3,57	4,74	4,16	1,38	2,73	16,6
1984	1,21	4,88	5,29	1,46	3,09	15,9
1985	1,06	6,66	5,64	2,38	3,90	19,6
1986	1,04	5,76	5,46	3,35	4,52	20,1
1987	1,33	12,0	7,73	6,58	6,24	33,9
1988	14,3	8,74	5,73	3,46	4,77	37,0
1989	3,03	5,30	4,39	1,68	3,02	17,4
1990	3,24	8,01	5,50	3,09	4,41	24,3
1991	2,55	2,48	3,76	0,21	1,71	10,7
1992	2,31	4,47	4,56	1,25	2,73	15,3
1993	1,90	11,3	7,32	4,81	6,24	31,6
1994	9,62	10,5	7,46	4,40	5,95	38,0
1995	3,00	2,61	4,39	0,28	1,94	12,2
1996	2,91	6,76	5,71	2,43	3,96	21,8
1997	7,63	0,19	2,47	0,00	0,71	11,0

Более наглядно изменение бокового притока за указанный период видно на рис. 2, а его составляющих - на рис. 3. Во-первых, колебания

стока на устьевых участках рек и бокового притока в целом характеризуются иногда относительно значительным для  $Q_y$  и  $Q_{бп}$  размахом в смежные годы. Во-вторых, на фоне этих колебаний достаточно отчетливо прослеживается существенное уменьшение  $Q_y$  и  $Q_{бп}$  в 70-90 годы прошлого столетия по сравнению с предшествующим периодом. В третьих, наибольшее влияние на вариацию бокового притока, в том числе и в последние десятилетия, оказывают изменения стока в устьях рек Шилик и Каскелен, включая р. Мал. Алматинку.

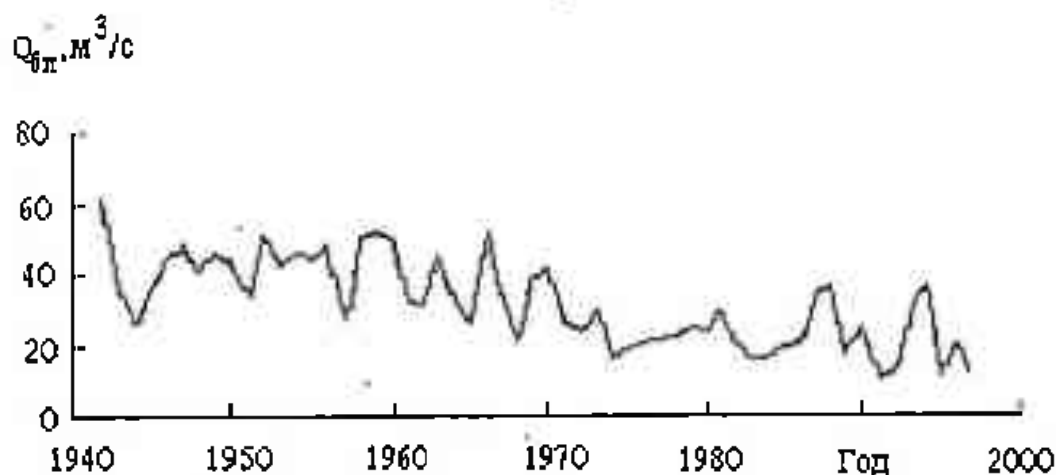


Рис. 2. Хронологический график изменения бокового притока в Катшагайское водохранилище из левобережных рек.

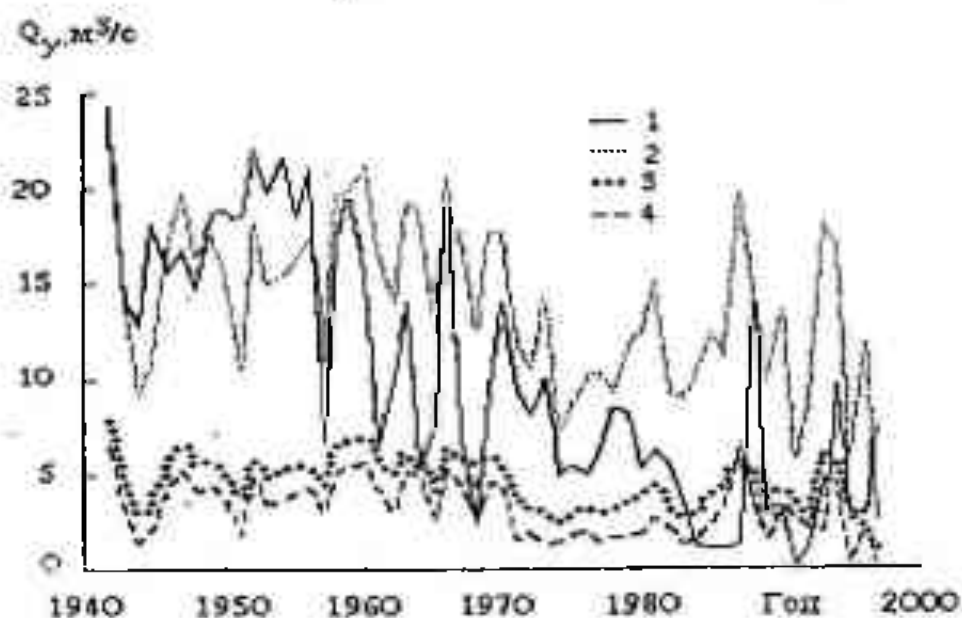


Рис. 3. Хронологический график изменения средних годовых расходов воды в устьях рек: 1 - р. Шилик; 2 - р. Каскелен вместе с р. Мал. Алматинка; 3 - р. Есик; 4 - остальные реки.

Разность бокового притока за периоды до и после существования Капшагайского водохранилища в среднем составила  $18,1 \text{ м}^3/\text{с}$ : за 1942-1969 гг.  $Q_{\text{бп}} = 40,9 \text{ м}^3/\text{с}$ , за 1970-1997 гг.  $Q_{\text{бп}} = 22,8 \text{ м}^3/\text{с}$ . Годовой сток в устьях рек в эти периоды был равен соответственно  $14,9$  и  $5,57 \text{ м}^3/\text{с}$  на р. Шилик,  $16,4$  и  $11,4 \text{ м}^3/\text{с}$  - на р. Каскелен, включая р. Мал. Алматинка,  $4,08$  и  $2,25 \text{ м}^3/\text{с}$  - на р. Есик. Кстати, значение  $Q_{\text{бп}} = 22,8 \text{ м}^3/\text{с}$  несколько меньше от принимавшегося ( $25,0 \text{ м}^3/\text{с}$ ) в монографии [1] для восстановления естественного стока р. Или в урочище Капшагай после создания Капшагайского водохранилища, а также от установленного ( $26,0 \text{ м}^3/\text{с}$ ) В. В. Голубцовым и Л. К. Некипеловой [2] по связи стока р. Или и рек-аналогов.

Определенный интерес представляет и оценка изменения бокового притока речных вод в водохранилище по календарным пятилеткам, приведенная в таблице. Колебания  $Q_{\text{бп}}$ , осредненные по пятилетиям, являются более сглаженными, чем ежегодные, и позволяют еще лучше представить их характер в течении рассматриваемого периода (Табл. 2).

Таблица 2

Изменение бокового притока речных вод в Капшагайское водохранилище по пятилеткам

Период (годы)	Боковой приток, $\text{м}^3/\text{с}$	Период (годы)	Боковой приток, $\text{м}^3/\text{с}$
1946-1950	44,5	1971-1975	22,9
1951-1955	43,8	1976-1980	22,5
1956-1960	45,3	1981-1985	20,2
1961-1965	34,4	1986-1990	26,6
1966-1970	31,4	1991-1995	20,8

По данным табл. 2 видно, что в период с 60-х до середины 80-х годов прошлого столетия в основном преобладала тенденция уменьшения бокового притока и только в 1986-1990 годах последняя несколько нарушилась. В первом пятилетии 90-х годов отмеченная тенденция снова восстановилась. Такое изменение  $Q_{\text{бп}}$  объясняется возрастающим во времени влиянием хозяйственной деятельности на сток рек, прежде всего заборами поверхностных вод на орошение и регулированием стока р. Шилик Бартогайским водохранилищем. Это подтверждается наличием следующей зависимости (коэффициент корреляции  $0,77$ ), полученной по фактическим и

восстановленным данным бокового притока в Капшагайское водохранилище:

$$Q_{\text{бп}} = 0,69 \Sigma Q - 0,73 Q_{\text{зп}} + 8,54, \quad (8)$$

где  $Q_{\text{бп}}$  - боковой приток речных вод в водохранилище,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\Sigma Q$  - суммарный годовой расход воды рек Каскелен, Шемолган, Аксай, Бол. Алматинка, Проходная, Тересбутак, Мал. Алматика, Талгар, Ёсик, Турген, Асы, Шилик в гидрометрических створах у выхода из гор,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{\text{зп}}$  - суммарный забор воды за год из поверхностных водоисточников в бассейнах левобережных притоков Капшагайского водохранилища,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Анализ данных о водозаборах показал, что суммарные изъятия речного стока на хозяйственные нужды в бассейнах левобережных притоков Капшагайского водохранилища тесно связаны с заборами поверхностных вод в бассейне р. Шилик. Коэффициент корреляции этой связи равен 0,85. Учитывая это, авторы данной работы получили также зависимость

$$Q_{\text{зп}} = 1,02 \Sigma Q - 1,37 Q_{\text{бп}} - 18,7, \quad (9)$$

где  $\Sigma Q$  - тот же расход воды, что и в выражении (8),  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{\text{бп}}$  - забор воды из поверхностных водоисточников в бассейне р. Шилик,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Коэффициент множественной корреляции зависимости, описанной выражением (9), равен 0,89. Эта зависимость может найти широкое применение при расчетах водного баланса Капшагайского водохранилища и в некоторых других исследованиях.

Поступление воды из ручья Шенгельды, являющегося единственным правобережным водотоком, достигающим Капшагайского водохранилища, по сравнению с суммарным боковым притоком из левобережных рек меньше по крайней мере на два порядка. По данным наблюдений с. Шенгельды, средний многолетний расход воды в этом створе равен всего 0,22, наибольший - достигает 0,85, наименьший - составляет 0,12  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Таким образом, основные результаты оценки бокового притока речных вод в Капшагайское водохранилище сводятся к следующему:

1. Преобладающая часть бокового притока в водохранилище приходится на левобережные реки. За период существования водоема она составила в среднем 22,8  $\text{м}^3/\text{с}$ .

2. Суммарный годовой сток в устьях рек на участке водохранилища за годы, предшествующие созданию последнего, в среднем был примерно в 1,8 раза больше.

3. Уменьшение бокового притока в 60-е - второй половине 80-х годов прошлого столетия в значительной мере обусловлено возмоставшими заборамн поверхностных вод на хозяйственные нужды.

4. Для расчета бокового притока в дальнейшем можно использовать его зависимость от суммарного стока рек у выхода из гор и водозаборов в бассейне р. Шилик.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья. - С-Пб: Гидрометеоиздат, 1995. - 269 с.
2. Голубцов В.В., Некипелова Л. К. О необходимости оценки и учета влияния хозяйственной деятельности при разработке методов прогноза стока рек // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1987. - Вып. 97. - С. 12-18.
3. Достаете Ж. Д. Трансформация стока рек северного склона Заилийского Алатау // Дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук. - Алма-Ата, 1990. - 189 с.
4. Рождественский А. В., Чеботарев А. И. Статистические методы в гидрологии. - Л.: Гидрометеоиздат, 1974. - 424 с.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

#### ҚАПШАҒАЙ СУ ҚОЙМАСЫНА ШЕТТЕН ҚҰЯТЫН ӨЗЕНДЕР СУЫНЫҢ КЕЛІП ТҮСУІ

Геогр. ғылымд. канд.	И.И. Скоцеляс
Техн. ғылымд. канд.	В.И. Ли
Геогр. ғылымд. канд.	В.П. Попова
	С.А. Фрисковский

*Қапшағай су қоймасына құятын өзендер сағасындағы жылдық су ағысының 56 жылдық тімізі және су қоймасына шеттен келіп түсетін өзен суының барлығының тізімі алынған. Аталған ағымдардың көрсетілген мерзімде өзгеруінің талдауы жасалған. Өзендердің таудан шыққан жеріндегі ағыс және шаруашылық қажеттіліктерге судың алынуы мәліметтері бойынша судың келіп түсуін анықтауға мүмкіндік беретін тәуелділіктердің аналитикалық өрнектері ұсынылған.*

УДК 551.324.6:551.583(235.221)

**ПРИРОДНЫЙ РЕЖИМ ЭВОЛЮЦИИ МАССЫ ГОРНЫХ  
ЛЕДНИКОВ КАЗАХСТАНА И ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЯТЬ ИМ  
В ПЕРИОД УСТОЙЧИВОЙ ДЕГРАДАЦИИ**

Доктор. геогр. наук П.А. Черкасов

*На основе исследования балансов ледников Казахстана, спектрального анализа изменений температурного режима показано, что в конце 19 – начале 20 веков ледники вышли из стационарного состояния, и в настоящее время их баланс стал устойчиво отрицательным. Это приведет к уменьшению доли ледниковых вод в стоке рек и скажется на экологии региона. Предлагаются методы активного воздействия на осадки и сход лавин с целью улучшения баланса ледников.*

***Основные черты природного режима горных ледников Или-  
Балхашского бассейна.***

Горные системы северного Тянь-Шаня с юга и Джунгарского Алатау с севера (в пределах Казахстана) являются самыми обширными территориями формирования стока рек бассейна реки Или – главной артерии питания оз. Балхаш, в которой ледниковая составляющая на выходе из гор в вегетационный период достигает 30 – 50%. Эти источники пресной воды являются основой орошаемого земледелия и всей экономики в целом на территории региона.

В Казахстане и республиках Средней Азии в условиях экологических нарушений природных процессов (Аральское море, оз. Балхаш) катастрофически нарастает дефицит пресной воды: Он обостряется ещё потому, что с 20-х годов 20 века наблюдается систематическое уменьшение площади и объёма горных ледников, что связано с долгопериодными ритмами изменения климата, а также наложившейся на них антропогенной деятельностью, которая ведет к общепланетарному повышению температуры воздуха из-за увеличения концентрации парниковых газов.

Гляциологи Казахстана на протяжении 50-и лет вели систематические разносторонние исследования ледников, участвовали в выполнении ряда крупномасштабных международных и всесоюзных гляциологических



программ: МГГ (1957-59), МГД (1965-74), в составлении Каталогов ледников СССР и Атласа снежно-ледовых ресурсов мира. С 1963 г мы принимаем участие в работе «Мировой службы мониторинга ледников» (как части системы глобального мониторинга окружающей среды ЮНЕП и международной гидрологической программы ЮНЕСКО) по программе «Колебания режима ледников Земли».

В Заилийском Алатау систематический мониторинг баланса массы был организован на долинном леднике Туюксу с 1956 г и продолжается до настоящего времени. В Джунгарском Алатау эти работы с 1956 г по 1991 г проводились на долинном леднике Шумского. Они были прекращены в связи с трудностями финансирования после распада СССР. Особенностью этих ледников (как и всех других в горных системах Казахстана) является то, что, подчиняясь общему режиму климата, они, в связи с различиями морфологии и рельефными условиями расположения в горной местности (особенно ориентации и высоты залегания), по-разному реагируют на его изменения.

Характерными признаками существования современного оледенения Джунгарского и Заилийского Алатау в условиях резко континентального климата являются, как правило, устойчивый зимний антициклон, низкая температура воздуха, летний пик интенсивности осадков и совмещение процессов аккумуляции и абляции в тёплый период года. Баланс массы ледников зависит от режима и интенсивности летних осадков, выпадающих в основном в смешанном виде с преобладанием твёрдой фазы.

Для решения проблем мониторинга горного оледенения нами разработаны:

- на основе данных сейсмозондирования [17] и радиолокационного (наземного и воздушного) зондирования толщины большого числа ледников различных морфологических типов более точные методы определения их объёма [9, 21];

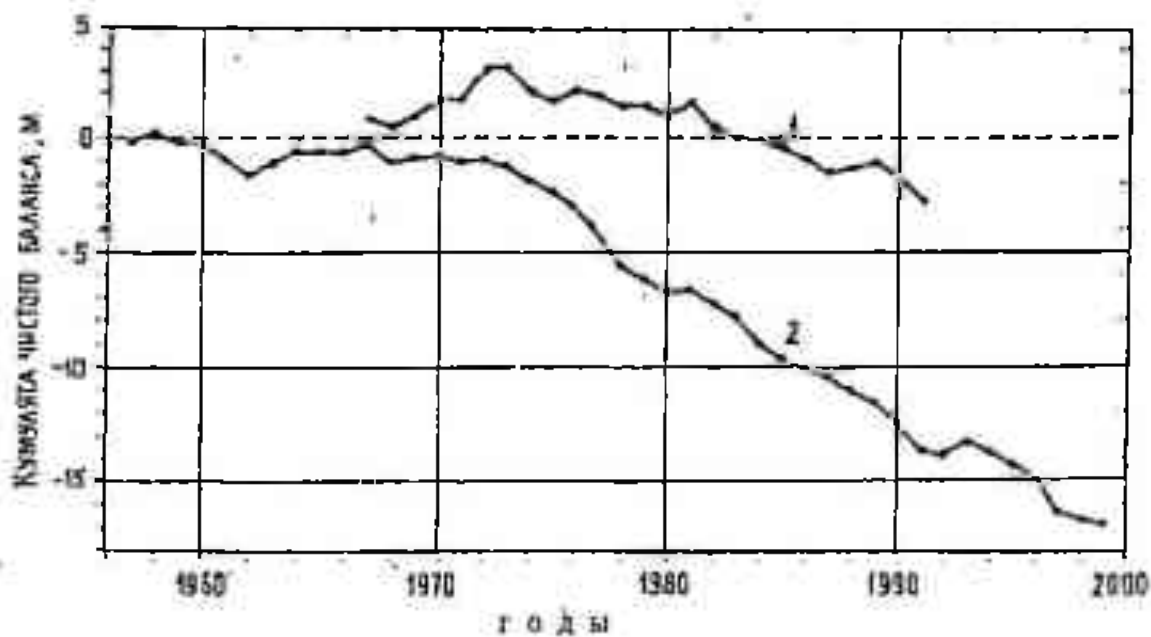
- теория, методы и алгоритмы (образующие систему численного моделирования), которые позволяют воспроизводить на компьютере полную картину формирования всех составляющих водно-ледового баланса на физической поверхности ледников и определять долю ледниковой составляющей в стоке рек за каждый балансовый год, установить мониторинг оборота запасов льда в горах и изменения его объёма [14, 15, 18, 19, 20];

- методы кратко- и долгосрочного прогнозов режима ледников [15].

Ниже приведены результаты наблюдений на примере экспериментальных ледников Туюксу и Шумского за их режимом в течение нескольких

десятилетий. За время наблюдений они в основном находились в неблагоприятных условиях существования, которые наиболее активно стали возрастать с начала 80-х годов. На леднике Туюксу за период с 1958 г по 2000 г годовая аккумуляция в среднем уменьшалась на 0,1 м, годовая абляция возрастала на 0,3 м, а годовой баланс на 0,5 м. Снеговая линия на леднике Туюксу с 1958 г по 2000 г поднялась с 3730 м до 3950 м, т.е. на 220 м; на леднике Шумского за период 1967 – 1991 гг. – с 3610 м до 3710 м, т.е. на 100 м.

На рис. 1 приведены кумулятивные кривые временного хода чистого баланса ледника Шумского за 25 лет и ледника Туюксу – за 43 года наблюдений, интегрирующие в себе всю сумму взаимоотношений балансовых характеристик. На наиболее благоприятном леднике Шумского с 1967 г до 1973 г баланс массы ежегодно понемногу увеличивался, затем стал медленно уменьшаться и своего нулевого состояния достиг в 1983 г. Далее до 1991 г (и, конечно, до 2000 г) ледник находился в состоянии отрицательного баланса. Ледник Туюксу, начиная с 1956 г по 1972 г, находился в более или менее равновесном балансе, в среднем  $\pm 0,32$  м, а с 1973 г и до 2000 г (за исключением 1981 и 1993 гг.) – в состоянии отрицательного баланса, в среднем - 0,70 м.



*Рис. 1. Кумулятивные кривые временного хода чистого баланса ледников Шумского (1) за 24 года и Туюксу (2) за 42 года наблюдений.*

На примере Джунгарской ледниковой системы – самой крупной на территории Казахстана и в пределах Или-Балхашского бассейна, изучены данные временного хода изменчивости внешнего оборота массы ледников,

а на картах — показана пространственная картина формирования составляющих и баланса в пределах всей ледниковой системы, сбъём и доля ледникового стока в общем стоке рек, скорости изменения массы льда и её оборота, характеризующих степень устойчивости существования оледенения в различных бассейнах рек ледниковой системы [16]. Изменчивость режима ледников связана с макросклонами гор разной ориентации: средний годовой баланс ледников на южном макросклоне равен - 0,43 м/год. на западном — - 0,48 м/год. на северном — - 0,37 м/год [23].

Оценка устойчивости существования оледенения даётся путём определения скорости изменения (преимущественно потери) массы льда ледников в % за балансовый год и времени их полного исчезновения в годах: построена карта скорости исчезновения оледенения Джунгарского Алатау (рис. 2).

В бассейнах рек западной ориентации стока ледники теряют 1,1 % своей массы в год, что приводит к неустойчивому их состоянию относительно запасов льда на 1970 г. Они исчезнут примерно через 90 лет, т.е. в 2060 г ± 10 лет. Лучше всех “живут” ледники северного склона и особенно в центральной его части (бассейн р. Баскан): они теряют всего 0,44 % и будут «жить» 430 лет, т.е. до 2400 г. Ледники южного склона теряют 0,96 % массы в год, им осталось существовать около 100 лет, т.е. до 2070 г. В связи с предполагаемым планетарным повышением температуры воздуха в результате антропогенной деятельности на 3–5 °С, названные скорости естественного исчезновения горных ледников будут возрастать.

Приведём предварительные *ориентировочные* данные скорости изменения размеров оледенения на северном склоне Заилийского Алатау за период с 1955 по 1990 годы без учёта площади мелких ледников, выпавших из итоговых сумм определения площади оледенения до 1990 г

Таблица

Изменения размеров оледенения на северном склоне Заилийского Алатау

	Год			
	1955	1974	1979	1990
Площадь чистого льда, км <sup>2</sup>	271,2	240,4	228,2	201,9
Потери площади относительно 1955 г, %	0	11,3	15,8	25,6
Скорость изменения площади, км <sup>2</sup> /год	1,62	1,79	2,40	
В среднем за периоды %/год	0,63	0,76	1,10	



Скорость изменения площади ледников, выраженная в км<sup>2</sup>/год или процентах, происходит, как минимум, под влиянием трёх факторов: 1 - климата; 2 - ориентации макросклонов горных хребтов в сочетании с циркуляцией атмосферы; 3 - морфологии типов ледников и их расположения на горном рельефе. Отсюда следует, что пользоваться каким-то единым средним арифметическим показателем изменения размеров оледенения из выше названных факторов, или даже средним для всех трёх факторов – практически нельзя.

На основе дендрохронологического анализа индексов прироста Тянь-Шанских елей возраста 120 лет и арчи возраста 432 года и связи их с высотой фирновой линии ледника Шумского, а также летними осадками на М.Сарканд. методом быстрого преобразования Фурье был выполнен гармонический анализ, определён спектр ритмов различной продолжительности за период с 1556 по 1980 гг. В результате построена многофакторная модель, учитывающая авторегрессию и ритмику изменения величины годовых колец, а на их основе – изменения количества летних осадков, главного фактора режима баланса массы ледника, и изменения высоты его снеговой линии (рис. 3).

В дополнение к нашим данным приводятся графики изменения режима двух крупнейших ледников Швейцарских Альп: Большого Алецкого и ледника Гриндельвальд [13, 24].

Сравнительный анализ графиков Б, В, Г и Д показывает, что:

- данные режима колебания размеров указанных ледников Альп очень близки, даже в мелких деталях (ледник Гриндельвальд) они совпадают по времени и физической зависимости от климата с расчётными данными количества летних осадков и высоты снеговой линии на ледниках Джунгарского Алатау за тот же период времени. Этот факт позволяет думать, что выделенные ритмы реально существуют в природе Земли и оказывают своё влияние на режим метеоусловий и динамику ледников;
- долгопериодные ритмы природных процессов являются надёжными показателями событий, развивающихся в пределах всей планеты и могут выступать в роли аналоговых прогнозов на ближайшее будущее.

По данным этого анализа (подкреплённого натурными наблюдениями) ледники последней стадии наступания (фернау в голоцене) в конце 19 – начале 20 века вышли из стационарного состояния; в 20-х годах они начали заметно отступать; а с 1970 г баланс их массы устойчиво стал

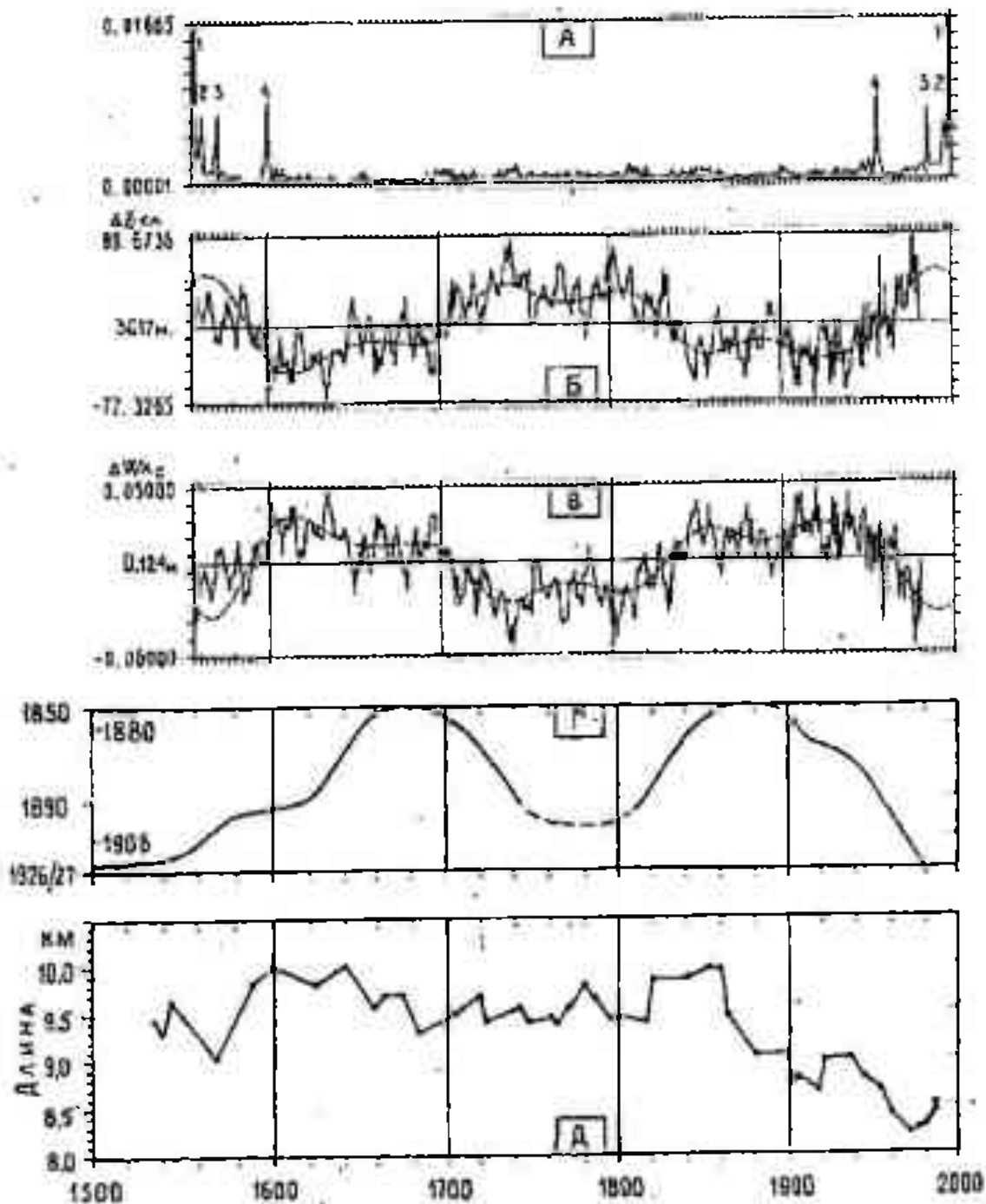


Рис. 3. Спектральный анализ стилов арчи (можжевельника полушаровидного) за 1556-1980 гг., возраст 432 г., взятых в долине р. Арчэвая (бассейн р. Малый Баскан) вблизи ледника Шумского на северном склоне Джунгарского Алатау. А - спектрограмма ритмов синхронных колебаний летних осадков и снеговой линии продолжительностью: 1 - 256 лет, 2 - 79 лет, 3 - 29 лет, 4 - 9 лет; Б - разностная кривая (относительно нормы = 3617 м) этигенеза высоты снеговой линии на леднике Шумского за 425 лет; В - разностная кривая (относительно нормы = 0,124 м) этигенеза летних осадков на М Сарканд (VI - 10/IX) за 425 лет. Пунктирными линиями показаны интегральные кривые аппроксимации полиномом 15-й степени хода изменения высоты снеговой линии и количества летних осадков в ритме продолжи-

тельностью 79 лет с прогнозом до 2000 г.; Г - колебания Большого Алячского ледника за последние 2500 лет в масштабах его положения в 1850 - 1981 гг. по радиоденситометрическим и радиоуглеродным данным по [13]; Д - изменения длины ледника Гриндельвальд в Швейцарии за 448 лет (с 1534 по 1982 гг.); даты измерений обозначены точками по [24].

отрицательным (летние осадки стали активно уменьшаться, а высота снеговой линии – расти). По данным нашего долгосрочного прогноза оледенение гор в состоянии отрицательного баланса должно находиться ещё около 100 лет, т.е. приблизительно до 2100 г и более. Но к этому времени, согласно выше названному прогнозу устойчивости существования ледников, основная их масса, расположенная на дне долин рек, должна исчезнуть.

Уменьшение запасов льда в горах отразится на доле ледниковых вод в стоке рек; увеличится засушливость климата, что скажется на выживаемости растительного и животного мира; потребуется перестройка всех видов народного хозяйства на меньшее потребление воды и работа в социальной сфере по ограничению народонаселения на территории бассейна.

Учитывая выше сказанное, мониторинг режима горных ледниковых систем в ближайшие десятилетия будет играть решающую роль в оценке экологии предгорных территорий и стока рек Или-Балхашского бассейна.

#### ***Возможности управления режимом горных ледников в период устойчивого их сокращения.***

Грядёт время, когда Казахстан преодолет экономический кризис и активно начнёт возрождать своё хозяйство. На юго-востоке республики это возрождение будет связано с водными ресурсами Или-Балхашского бассейна. Воду используют все виды народного хозяйства, но особенно в большом объёме сельское – для целей орошения. Однако, недостаток водных ресурсов уже сейчас накладывает ограничения на рост водоёмких отраслей народного хозяйства. Для решения водной проблемы юга Казахстана ещё при Советской власти разрабатывали проекты переброски вод рек Сибири, в частности был построен канал Иртыш – Караганда, а также ограничения на строительство водоёмких предприятий. В то же время в реках Или-Балхашского бассейна имеются ещё довольно значительные местные водные ресурсы, которые целесообразно использовать для решения водной проблемы – это ледники и высокогорные снега. Поэтому, одним из способов увеличения водных ресурсов (и возможно основным) является активное использование ледников и снежного покрова горных хребтов Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау, венчающих бассейн р. Или и оз. Балхаш. Значение

ледникового питания велико ещё и потому, что оно поступает в реки в тёплый период года, когда в нём испытывается наибольшая потребность. Сокращение площади оледенения приводит к уменьшению не только ледникового, но и общего стока рек, берущих начало из ледников. В то же время потребность и дефицит в воде в предгорных и горных районах с каждым годом становится острее и, особенно, в маловодные годы.

Исходя из того, что горные ледники являются аккумуляторами высококачественной воды и холода, обеспечивающими стабильный сток горно-ледниковых рек, а соответственно, и нормальное функционирование народного хозяйства горных и предгорных районов, назрела необходимость решения нацеленного управления режимом горных ледников и стоком ледниковых рек. Проблема управления режимом горных ледников не нова, её давно и наиболее активно разрабатывают российские гляциологи на примере Кавказа и Тянь-Шаня [1 - 3]. Основное внимание в 50-60 годах было обращено на вопрос искусственного усиления таяния льда и снега, с целью получения добавочного количества воды [1, 22]. В это же время И.В. Бутом [2] было предложено искусственно увеличивать аккумуляцию на ледниках путём активного воздействия на облака в горных районах. Реальность таких мероприятий очевидна, если учесть размеры ледников и большую повторяемость над ними мощных облачных систем.

Метод искусственного усиления таяния снега и льда не нашёл своего применения, так как уже в 70-х годах стало совершенно очевидно, что ледники перешли в состояние устойчивой деградации.

В.М. Котляков совершенно справедливо считает, что искусственное воздействие на нивально-гляциальные процессы для решения проблемы регулирования стока "...обязательно должны быть комплексными. К ним относятся искусственно усиление таяния ледников, увеличение таяния сезонного снежного покрова в нужное время, перераспределение снеготпасов путём искусственного спуска лавин и создание снежников, использование вод ледниково-подпрудных и завальных озёр, а также внутрiledниковых водных ёмкостей, устройство водохранилищ в горах, намораживание наледей в холодный период и их таяние – в тёплый, искусственное увеличение твёрдых атмосферных осадков в областях питания ледников и др." [8].

Квазистационарность условий облучения Земли и состояния её поверхности обуславливают определённое положение фронтальных зон, особенности циклонической деятельности в них, а также основные осо-



бенности влагооборота. Массовость развития циклональных возмущений и сохранение направленности их процессов обеспечивают надёжную уверенность в существовании долговременных связей режима горных ледников с процессами циркуляции атмосферы.

Есть ряд работ, посвящённых использованию льда в различных отраслях народного хозяйства: вопросами регулирования речного стока с помощью ледохранилищ занимался Д.С. Громан [5]; группа авторов в монографии, посвящённой управлению режимом горных ледников и стоком рек [3], разработала комплексный метод «ледотермического регулирования и управления технологическими и природными процессами» (ЛРУ). Эти же вопросы описываются в работе [10]. Рассмотрим основные положения этого метода и возможности его реализации в условиях Или-Балхашского бассейна. Сущность метода состоит в аккумуляции, потреблении и воспроизводстве в ирригационных, промышленных и иных целях избыточного стока рек в зимний период, избыточного зимнего объёма воды водохранилищ и озёр, рациональном использовании снежного покрова горных районов. При этом вода переводится в лёд посредством использования естественного холода. В основе метода лежит естественный ледотермический цикл «ледообразование ↔ ледотаяние», обладающий большим суммарным энергетическим потенциалом фазовых превращений «вода ↔ лёд». Применительно к горным районам ледотермическое регулирование и управление позволяет решить две задачи:

- изменить режим ледников с целью установления положительного баланса у них и довести их размеры до оптимальных при современных климатических условиях;
- изменить ледниковый и общий сток рек, перераспределив его с зимнего периода на летний и с многоводных лет – на маловодные для компенсации имеющегося дефицита.

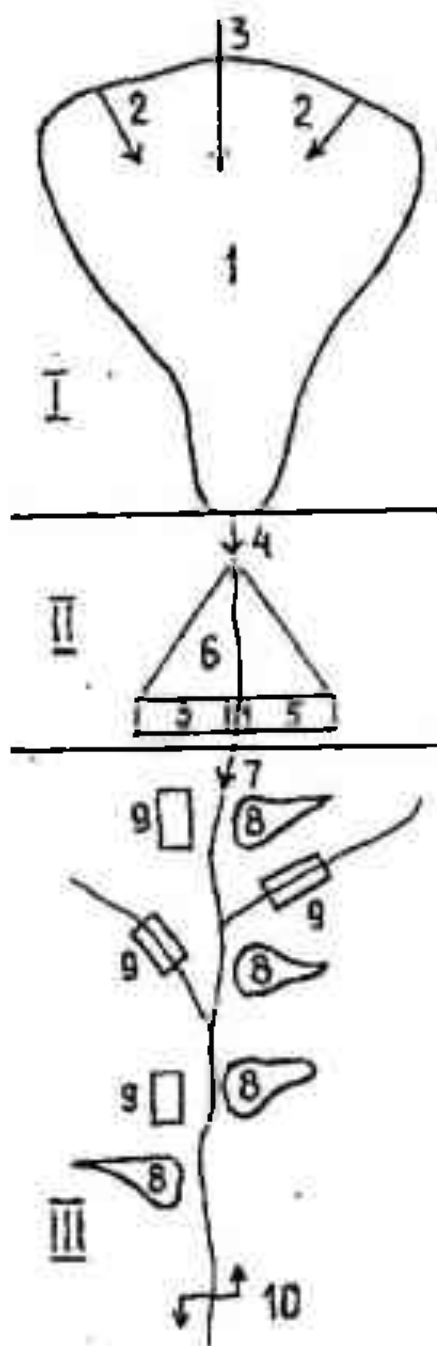
Положительный баланс массы горного ледника отмечается при условии превышения годового или многолетнего объёма аккумулярованных твёрдых осадков над соответствующей абляцией, которая полностью зависит от теплового баланса ледника в летний период года. Реализация этого условия и получение тем самым положительного баланса массы возможно в результате применения комплексного метода ЛРУ с применением в этих целях ряда специальных устройств, обеспечивающих одновременно управление режимом ледников и регулирование стока рек в пределах горной части бассейна.

Каждый бассейн реки условно разделяется на три зоны, в которых производится свой комплекс работ (рис. 4):

**Первая зона** - гляциальный бассейн ледника;

**Вторая зона** - часть горноледниковой долины (протяжённостью 1–3 км), непосредственно примыкающая к концу языка ледника;

Рис. 4. Зоны ледотермического регулирования в горно-ледниковом бассейне. I - III - зоны; 1 - ледник; 2 - сброс лавин на ледник; 3 - искусственные осадки; 4 - сток с ледника; 5 - искусственный массив льда; 6 - буферная ёмкость; 7 - сток из зоны II в зону III; 8 - лавинные снежники; 9 - искусственные массивы льда; 10 - замыкающий гидрологический створ.



**Третья зона** - охватывает горную часть долины реки до замыкающего створа.

Исходя из этих задач, определяется и соответствующий комплекс основных технологических мероприятий, выполняемых в различном объёме в зависимости от сезона года.

В первой высотной зоне объём осадков, выпадающих на ледник, можно увеличить двумя способами: искусственным усилением выпадения осадков из облаков и усилением лавинного питания. Вопросу искусственного увеличения осадков посвящено большое количество работ, есть и практические эксперименты в горах [4, 12].

Проведенные эксперименты свидетельствуют о том, что при современных технических средствах и реагентах может быть получено су-

шественное увеличение осадков на площади до 10 000 км<sup>2</sup>. Применение авиационных средств доставки реагентов позволяет реально увеличить объем осадков на 10–20% [11].

Эффект, получаемый от искусственного увеличения осадков в холодный и тёплый периоды, для бассейна горноледниковой реки будет различным. В холодный период все выпавшие дополнительные осадки пойдут на увеличение снегозапасов, не изменяя режим ледникового стока, в тёплый же период искусственные осадки будут выпадать в высокогорной зоне в твёрдом виде, а ниже – в виде жидких. Поэтому в области аккумуляции ледников они пойдут не только на увеличение питания, но приведут к уменьшению абляции ледников в связи с увеличением альбедо их поверхности. В нижних зонах, где осадки выпадают в жидком виде, они дадут в тёплый период увеличение речного стока.

Снежные лавины имеют довольно большое значение в питании ледников и для некоторых морфологических типов нередко являются основным источником. В то же время на поверхность ледников лавинами сносится только часть снега, остальной же снег постепенно стает или же испаряется. Испарение нередко достигает 25–30% от максимального запаса снега на северных склонах и до 100 % – на южных [6]. В связи с этим организация оптимального искусственного усиления лавинных процессов в гляциальной зоне может дать ледникам довольно значительное дополнительное питание – около 20–30% от общего накопления на ледниках.

В летнее время вполне реальным является снижение абляции (зависящей от количества тепла, поступающего на ледник в дневное время в виде прямой и рассеянной солнечной радиации) путём экранирования ледника плотной дымовой завесой при помощи шашек нейтрального белого дыма НДП, которые создают плотную дымовую завесу, перемещающуюся над поверхностью ледника за счёт горно-долинных ветров [7]. Другой способ – закрытие языка ледника искусственно создаваемым мелкодисперсным водным экраном (туманом), генерируемым у конца языка ледника специальными водомётными установками, который адиабатически усиливается при его переносе долинным ветром вверх по леднику. В результате происходит снижение турбулентного теплообмена и уменьшение теплосодержания восходящего на ледник долинного ветрового потока. Сокращение абляции в результате создания туманов и дымового экрана составит: 52% - при создании туманов охлаждения, 62% - при создании туманов увлажнения и 85% - при создании дымового экрана [3].

Таким образом, комплекс целенаправленных активных воздействий на аккумуляцию и абляцию позволяет увеличить естественный баланс массы ледника в 1,04 – 1,35 раза, т.е. баланс массы будет положительным даже при экстремально низких количествах осадков или экстремально высоких летних температурах воздуха. Это позволит улучшить общее состояние ледников, а в маловодные годы – дать дополнительную воду в реку путём усиления таяния ледников в результате искусственного уменьшения количества облачности в районе ледников в дневное время [4].

Применение всех видов названных работ, направленных на изменение баланса массы ледников, целесообразно и возможно только на крупных и легко доступных ледниках. На небольших ледниках, расположенных, как правило, на больших высотах, достаточно изменить только аккумуляцию, чтобы баланс их массы стал положительным.

Во второй высотной зоне горной долины ниже конца ледника увеличение объёма аккумуляции может быть реализовано намораживанием льда в холодный период года у конца ледника, увеличивая тем самым его длину. Для этих целей используется сток, вытекающей из-под ледника реки, объёмы моренных и других озёр или же специально созданные небольшие водоёмы ниже конца языка ледника. Размер возможного увеличения объёма и длины ледника определяется, в основном, гидрологическими и частично климатическими условиями горноледникового бассейна. Эти работы можно выполнить при помощи комплексной ледотермической установки (ЛТУ), предназначенной для управления режимом ледников и регулирования ледникового стока. ЛТУ представляет собой единую систему инженерных устройств с автоматическим или дистанционным управлением технологических мероприятий. Главными технологическими узлами ледотермического регулирования и управления (ЛРУ) являются: водомётные установки, генераторы белого дыма, снегогенераторы и станция автоматического управления датчиками основных метеорологических элементов, регистрируемых метеорологической станцией.

За период с отрицательными температурами воздуха в пределах первой и второй зон ледотермических работ, можно наморозить массив льда толщиной не менее 20 м [3]. Учитывая, что таяние за тёплый период в пределах этих зон не превышает 10 м, ежегодное приращение слоя льда составит 10 м. Водные ресурсы в холодный период, хотя и ограниченные, всё же позволяют наморозить у многих ледников значительные объёмы льда.

Таким образом, суммарное увеличение аккумуляции за холодный период года за счёт искусственного увеличения выпадения твёрдых осадков, усиления деятельности снежных лавин и намораживания льда составляет не менее 50% от общей годовой аккумуляции ледника.

В третьей зоне сущность ледотермического управления стоком рек состоит в бесплотинной аккумуляции кристаллической «воды» (льда) за счёт оптимального использования зимних потенциалов «холода» и избыточного стока рек с последующим принудительным или естественным размораживанием необходимых объёмов льда для гарантированной компенсации дефицита водособеспечения в летний период. Для Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау избыточный сток рек составляет 23–32% годового среднего многолетнего стока. Особенно целесообразным и рентабельным является использование при ЛРУ избытков зимних объёмов горных водохранилищ для перевода их в лёд. Из моренно-запрудных и завальных озёр может быть изъята вся вода, что будет способствовать предупреждению их возможного прорыва и образования селя.

Намораживание массивов льда ЛБ водой из водохранилищ или естественных озёр может производиться по их контуру, что обеспечит при их летнем таянии постепенное поступление холодной воды в водоём. Это приведёт к снижению температуры воды и соответственно к уменьшению непроизводительных её потерь летом на испарение. При необходимости такие массивы льда можно теплоизолировать и раскрывать для естественного или принудительного таяния только по необходимости.

Суммарное общее приращение водного баланса в горной части бассейна реки составляет в среднем 22 % годового объёма стока реки, регистрируемого в замыкающем створе, из которых 13 % приходится на ледники и 9 % на горную часть бассейна (третью зону). Главным экономическим эффектом ЛРУ является ненужность больших и единовременных капиталовложений в мероприятия для обеспечения водой предгорных районов Казахстана, в том числе и Или-Балхашского бассейна.

Снежные массы, выносимые лавинами на дно долины, являются большим дополнением к общему объёму льда, аккумулярованному в третьей зоне. Объём снега, сносимого на дно долин, целесообразно увеличить путём специально организованных лавинных процессов. Конусы снежных лавин можно искусственно проморозить водой для повышения их плотности до  $0,8-0,9 \text{ г/см}^3$ , а при многолетнем резервировании покрыть их тепло-

изоляции. Общий объём воды, который возможно накопить за холодный период за счёт снежных лавин, составляет 5–10 % стока реки за этот период.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авсюк Г.А. Искусственное усиление таяния льда и снега горных ледников // Тр. ИГАН. – 1953. - Вып. 56. - С. 5-43.
2. Бут И.В. К вопросу об активных воздействиях на гляциологические процессы // МГИ. – 1964. - Вып. 10. - С. 183-185.
3. Бакалов В.Д., Громае Д.С., Залиханов М.Ч., Панов В.Д. Управление режимом горных ледников и стоком рек. - Л.: ГИМИЗ, 1990. - 239 с.
4. Бурцев И.И., Мазин И.П., Черников А.А. Управление распределением водных ресурсов с помощью активных воздействий на атмосферные процессы. Проблемы развития водного хозяйства СССР. - М.: Наука. – 1981. - С. 17-26.
5. Громан Д.С. Регулирование речного стока ледохранилищами. - Тр. III Всесоюз. Гидрол. Съезда, т.3.-Л., ГИМИЗ, 1959, С. 341-348.
6. Долов М.А. Особенности микроклимата и испарения с поверхности снежного покрова различно ориентированных склонов // Тр.ВГИ. – 1975. - Вып. 30. - С. 3-41.
7. Кавецкий С.П. Возможности прогнозирования и предотвращения селей гидрометеорологическими процессами. Борьба с горной эрозией почв и селевыми потоками в СССР. -Ташкент, 1962, С. 27-33.
8. Котляков В.М. Использование ледников как источников пресной воды.- Проблемы развития водного хозяйства СССР. - М.: Наука, 1981. - С. 27-42.
9. Мачерет Ю.Я., Черкасов П.А., Боброва Л.И. Толщина и объём ледников Джунгарского Алатау по данным аэро радиозондирования.- МГИ, Вып. 62. - М.,1988, С. 59-71.
10. Панов В.Д. Эволюция современного оледенения Кавказа.- С.- Петербург, ГИМИЗ. 1993, - 430 с.
11. Сванидзе Г.Г. Проблемы увеличения водных ресурсов путём воздействия на процессы осадкообразования.- Тр. V Всесоюзного гидрологического съезда. т.2. Л., ГИМИЗ, 1988, С. 51-59.
12. Серёгин Ю.А., Власов М.П., Прилепов В.Н. Комплекс наземных генераторов с дистанционной аппаратурой управления для искусственного увеличения осадков в горных районах (комплекс БУКЕТ).- Центральная аэрологическая обсерватория (ЦАО). Зак. № 66. – 16 с.

13. Соломина О.Н., Ольшанский Г.И. Дендроиндексация как один из методов мониторинга нивально-гляциальных явлений и процессов.- МГИ, вып. 73, М., 1992, с. 169-175.
14. Черкасов П.А. К вопросу об основной гляциологической формуле – температурном коэффициенте таяния снега и льда на физической поверхности ледников. - Географические основы устойчивого развития Казахстана.- Алматы, «Гылым». 1998, С. 17-43.
15. Черкасов П.А. Расчёт составляющих водно-ледового баланса внутриконтинентальной ледниковой системы на примере Джунгарского Алатау.- Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора географических наук. М., 1991, 43 с.
16. Черкасов П.А. Роль мониторинга горных ледниковых систем в оценке экологического и природно-ресурсного потенциала Казахстана. Гидрометеорология и экология, №3. Материалы семинара и международной конференции по изучению климата.- Изд-во «Казгидромет», Алматы, 1997, С.176-186.
17. Черкасов П.А. Сейсмическое зондирование ледников бассейна р. Аганакты Тентекской в хр. Джунгарский Алатау. - Гляциологические исследования в Казахстане, вып. 5, Изд-во «Наука» Каз ССР, Алма-Ата, 1965, С.117-133.
18. Черкасов П.А. Склоновые коэффициенты инсоляции – составляющая часть расчёта температурных коэффициентов таяния снега и льда на физической поверхности ледников.- МГИ, вып. 87, М., 1999, С. 71-77.
19. Черкасов П.А. Температура воздуха и общая облачность в пределах горной ледниковой системы ( на примере Джунгарского Алатау).- МГИ, вып. 89, М., 2000, С. 65-77.
20. Черкасов П.А. Температурный коэффициент таяния снега и льда на физической поверхности ледников.- МГИ, вып. 82, М., 1997, С. 18-23.
21. Черкасов П.А., Никитин С.А. К методике расчёта объёма горных ледников по данным наземной и воздушной радиолокационной съёмки ( на примере Джунгарского Алатау). - Ледники, снежный покров и лавины в горах Казахстана. Алма-Ата, «Наука», 1989, С. 18-37.
22. Щетишников А.С. К вопросу о целесообразности искусственного усиления таяния ледников бассейна р. Сырдарьи.- Тр. САРНИГМИ, 1977, вып. 45(126), С. 3-15.

23. Cherkasov P. A. The variability of mass external rotation and the existence stability of Dzhungarskiy Alatau continental glacial system.- МГИ, вып. 81, М., 1977, P. 50-54.
24. Schmeits M.J., Oerlemans J. Simulation of the historical variations in length of Unterer Grindelwald gletscher, Switzerland.- Journal of Glaciology. Vol. 43, № 143, 1997, P. 152-164..

Институт географии МОиН РК

### **ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТАУЛЫ МҰЗДАҚТАРЫ ҚОРЫНЫҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫНЫҢ ТАБИҒИ ТӘРТІБІ ЖӘНЕ ТҰРАҚТЫ ДЕГРАДАЦИЯ КЕЗЕҢІНДЕ ОНЫ БАСҚАРУ МҰМКІНДІКТЕРІ**

Геогр. ғылымд. докт. . П.А. Черкасов

*Қазақстан мұздақтарының балансын зерттеу, температура тәртібінің өзгерісін спектралды талдау негізінде 19 ғасырдың аяғы – 20 ғасырдың басында мұздақтар тұрақты жағдайдан шығып, қазіргі кезде олардың балансы тұрақты теріс болып қалғандығы анықталды. Бұл өзен ағыстарындағы мұздақ суларының үлесінің өзгеруіне апарып соғып, аймақ экологиясына теріс ықпалын тигізеді. Мұздақтардың балансын жақсарту мақсатында жауын-шашындар мен көшкіндерге белсенді ықпал ету әдістері ұсынылады.*



УДК 551.311.8:551.524.73

**ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА И СЕЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ. ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ**

Канд. геогр. наук

Р.К. Яфязова

*Рассмотрено влияние изменения климата на факторы селе-формирования, дана оценка их уязвимости. Предложены пути адаптации, позволяющие с минимальными затратами предотвратить катастрофические последствия глобального потепления.*

Изучение истории формирования и строения конусов выноса основных рек северного склона Заилийского Алатау, расположенных на предгорной равнине, позволило сделать выводы, имеющие большое значение для оптимизации хозяйственной деятельности в горной и предгорной зонах в условиях изменения глобального климата. Важнейшими из них являются:

- более 90 % объема конусов выноса представляют собой отложения селевых потоков;

- селевая активность в значительной степени определяется климатом [8, 11, 12].

Накопление наносов в высокогорной зоне происходит в периоды оледенений, длящиеся десятки и даже сотни тысяч лет, а их вынос на предгорную равнину с помощью селей – в межледниковья за относительно короткие промежутки времени, составляющие сотни, а возможно даже десятки лет. Максимумы селевой активности приходились на периоды, когда глобальная температура воздуха превышала современную лишь на 2-3 °С. Так, в рисс-вюрмском межледниковье, за период времени, не превышающий 3 000 лет, на конусе выноса р. Малая Алматинка отложилось более 1 млрд. м<sup>3</sup> наносов, в то время как за 10 000 лет голоцена объем селевых выносов не превысил 3 млн. м<sup>3</sup>. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке стратегии борьбы с эрозией и селевыми явлениями в условиях глобального потепления.

Согласно инструментальным наблюдениям за последние 30-60 лет средняя годовая температура воздуха повышалась на 0,1-0,3 °С каждые

10 лет. В соответствии с разработанными сценариями изменения климата в период до 2050-2070 гг. в горных районах Южного и Юго-Восточного Казахстана ожидается более значительное повышение температуры воздуха, чем наблюдалось в 20 веке. Прогнозируемое повышение температуры воздуха лежит в пределах от 3,6 до 7,2 °С [5].

Такое повышение температуры приведет к коренной перестройке ландшафтов Заилийского Алатау. В ходе изменения глобального климата упомянутые ландшафты подвергались радикальной трансформации [7]. На рис.1А приведена гипотетическая ландшафтная схема бассейна р. Малая Алматинка, соответствующая максимуму рискового оледенения, а на рис.1В – соответствующая климату 20 века. Нетрудно видеть, что скально-ледниковый ландшафт в период рискового оледенения стал в горной зоне преобладающим, альпийские низкотравные луга не только разместились на площади, занимаемой ныне темнохвойными лесами и редколесьем, но и частично на площади, которую в современном климате занимают высококотравные луга. Горные темнохвойные леса и редколесья, если увлажнение было достаточным, могли произрастать на конусах выноса. В соответствии с перемещением флоры мигрировала и фауна.

Описываемый ледниковый период характеризовался затуханием эрозии в средне- и низкогорной зонах и активной аккумуляцией паносов в высокогорье, где происходило формирование морен. В низкогорной зоне и на конусах выноса накапливался лесс.

Глобальное потепление климата в рисс-виюрмском межледниковье создало благоприятные условия для формирования селей дождевого генезиса, так как вероятность выпадения ливневых осадков в жидком виде в высокогорной зоне значительно возросла, что привело к увеличению повторяемости и масштабов селевых явлений. Селевая активность в рисс-виюрмском межледниковье настолько возросла, что за относительно короткий промежуток времени в некоторых бассейнах рыхлообломочный материал рисских морен был вынесен селями на конусы выноса, расположенные на предгорной равнине.

Теплый климат рисс-виюрмского межледниковья привел к радикальной трансформации ландшафтов северного склона Заилийского Алатау (рис. 1С). Скально-ледниковое высокогорье занимало тогда менее 10 % от общей площади бассейна. Оледенение сохранилось, как максимум, в виде тысяч ледников на северных склонах наиболее высоких вершин хребта.

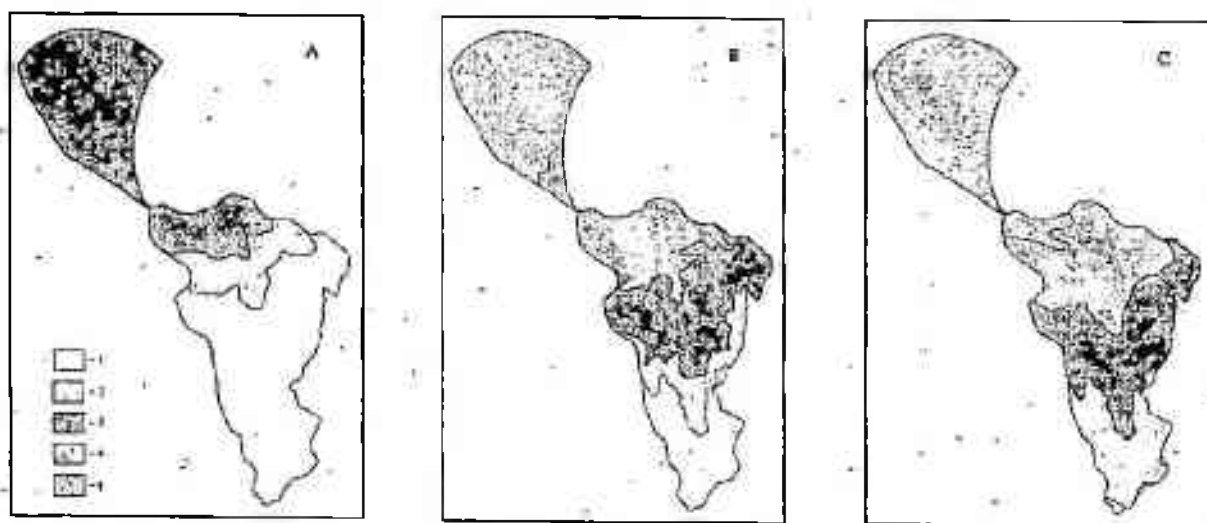


Рис. 1. Схемы расположения типов ландшафтов в бассейне р. Малая Алматинка А - в период рисского оледенения; В - в современный период; С - в условиях глобального потепления климата (рисс-вюрмское межледниковье, ожидаемое потепление глобального климата). 1-скально-ледниковый; 2-альпийские луга; 3-темнохвойные леса и редколесья; 4-высокотравные луга; 5-полюнно-злаковые полупустыни.

Подавляющая площадь современного долинного оледенения была занята альпийскими низкотравными лугами; территории, занятые современными альпийскими лугами поросли темнохвойными лесами. Высокотравные луга заняли площади в высотном интервале 1400-2200 м. В период межледниковья вслед за отступлением ледников "втягивалась" в горы и фауна.

Большая часть верхней предгорной ступени оказалась в пустынной и полупустынной зонах. Лессовый покров, лишившийся защитного растительного покрова, не мог противостоять эрозионным процессам. В результате на предгорную равнину селями были вынесены миллиарды кубических метров наносов, заполнивших пространство между конусами выноса основных рек. Таким образом, в высотной зоне 1000-2000 м сформировался рельеф междуречий Заилийского Алатау.

Вюрмское оледенение вновь привело к изменению предшествующих ландшафтов, хотя и не столь значительному, как это было в период рисского оледенения. Судя по данным об изменении климата в вюрме [3], температура в течение относительно коротких промежутков времени (тысячи лет) многократно изменялась на несколько градусов. Это не могло не приводить к соответственному изменению высотного положения ландшафтов северного склона Заилийского Алатау. Однако потепления, имевшие место в вюрме, были недостаточны для активизации селевых процессов.

Потепление климата в голоцене привело к отступанию ледников хребта и, по завершении климатического оптимума голоцена, горные ландшафты стабилизировались в состоянии, типичном для 20 века. Несмотря на некоторую активизацию селевой деятельности, объем выноса наносов на предгорную равнину в голоцене, как отмечалось выше, не превысил 1% объема наносов, вынесенных в рисс-вюрмское межледниковье.

Ландшафты северного склона Заилийского Алатау прошли сложный путь развития в прошлом, продолжают развиваться сейчас и не останутся неизменными в будущем. Известно, что наиболее важными факторами, определяющими современные ландшафты, являются климатический, тектонический, биогенный и антропогенный. В предстоящие десятилетия главенствующую роль, скорее всего, будут играть антропогенный и климатический факторы.

При повышении летней температуры в районе Заилийского Алатау на 2-3 °С селевая активность возрастет в несколько раз. Увеличатся повторяемость и масштабы селей как гляциального, так и дождевого генези-

сов. Главную опасность будут представлять сели дождевого генезиса. В ходе потепления стартовые зоны селей дождевого генезиса окажутся в области выпадения ливневых осадков в жидкой фазе. Если в 20 веке подобная ситуация, как результат благоприятного сочетания метеорологических элементов, имела место один раз в 50-70 лет, то в 21 веке мощные сели будут формироваться в долинах Заилийского Алатау ежегодно. Реализуемая в настоящее время стратегия борьбы с селями, в основу которой положено строительство селезадерживающих плотин, в новой ситуации станет не только неэффективной, но даже опасной. Заполнившиеся селехранилища могут превратиться в очаги селеформирования. Альтернативой современной стратегии защиты должны стать превентивные мероприятия по предотвращению или снижению масштабов селевых явлений [9]. В качестве превентивной меры борьбы с селями дождевого генезиса, зарождающимися в высокогорной зоне, предлагается создание "окон разгрузки". Эти окна вскрывают каналы стока, препятствуя увеличению в них давления. Подземный сток переводится в поверхностный, чем предотвращается обводнение массивов [10].

Селевая активность в средне- и низкогорной зонах Заилийского Алатау в голоцене была до настоящего времени столь незначительна, что борьба с формирующимися здесь селями практически не нашла отражения в генеральной схеме борьбы с селевыми явлениями, разработанной в середине 70-х годов 20 века. Как показали результаты исследований, усиление селевой активности, в ходе глобального потепления, произойдет из-за того, что средне- и низкогорье окажутся в зоне полупустыни. Лессовый покров лишится естественной защиты от эрозионных процессов, как это уже имело место в ресс-виормском межледниковье, когда сформировался рельеф верхней предгорной ступени.

Верхняя предгорная ступень северного склона Заилийского Алатау образовалась в среднем плейстоцене в результате тектонического поднятия части предгорной равнины, на которой располагались конусы выноса основных горных рек [2]. Ширина и амплитуда поднятия различны, наибольших значений они достигают на западе хребта в бассейнах рек Каскелен, Чемолган и Узункаргалы; ширина зоны поднятия превышает 20 км, а высота достигает 1000 м (плато Ушконур). Образование верхней предгорной ступени привело к тому, что у ее подножия начали формироваться новые конусы выноса. Материалом для их образования служили как нано-

сы, выносимые из высокогорной зоны, так и отложения, слагающие верхнюю предгорную ступень. В период вюрмского оледенения конусы выноса, в том числе образовавшиеся в ресс-вюрмское межледниковье, были перекрыты лессами.

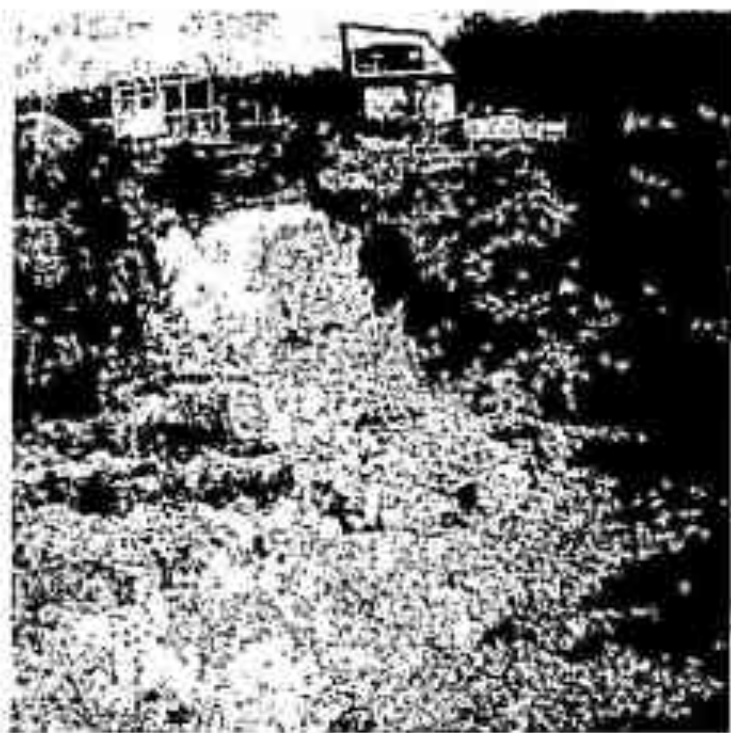
Лессовый покров на поверхности верхней предгорной ступени — основа сохранности верхней предгорной ступени от эрозионных процессов при выпадении ливней. Исчезновение лессового покрова превратит верхнюю предгорную ступень в бедленд — арену формирования селей дождевого генезиса в течение всего теплого периода года. Масштабы селевых явлений при этом настолько возрастут, что станут угрозой нормальной хозяйственной деятельности на предгорной равнине, примыкающей к верхней предгорной ступени.

Значительная часть верхней предгорной ступени освоена под сады, огороды и т.д. Это освоение носит бессистемный характер: без должного обоснования сооружаются дороги, оросительные системы, осуществляется бесконтрольный полив садово-огородных культур. Рельеф верхней предгорной ступени образвался в условиях недостаточного, по сравнению с антропогенной нагрузкой, увлажнения. Следствием этого является резкое увеличение повторяемости и масштабов оползневых явлений, трансформирующихся в сели.

В последние годы, в условиях относительно спокойной сейсмической обстановки, небольшие по размерам антропогенные сели привели к гибели людей. Даже 6-7 балльные землетрясения, как это наблюдалось в аналогичной ситуации в Таджикистане, могут привести к катастрофическим последствиям [1]. В последнем десятилетии 20 века зарегистрированы десятки случаев формирования оползней на нижней и верхней предгорных ступенях северного склона Заилийского Алатау, трансформировавшихся в сели. Площади оползней обычно не превышали нескольких сотен квадратных метров, объемы — первых тысяч кубометров. На рис.2 показана ниша отрыва оползня, вызванного нарушением герметизации трубы водовода, имевшего место в бассейне р. Аксай, дачный массив "Горный садик". В результате разжижения грунта образовался грязевой поток, разрушивший дачное строение, при этом погибло 2 человека и один получил тяжелые травмы.

Опасения вызывают не столько единичные случаи оползания дачных участков, хотя сами по себе они могут вызывать невосполнимые по-

тери, сколько общее увлажнение лессовых массивов на площадях в тысячи гектаров, занимаемых дачными строениями, садами и огородами. Колебания, вызываемые 6-7 балльными землетрясениями, могут привести к нарушению устойчивости склонов, их оползанию и трансформации в сели с объемами в миллионы кубических метров и расходами сотни кубических метров в секунду, способные к продвижению на многие километры по густонаселенной предгорной равнине.



*Рис.2. Оползень, трансформировавшийся в селевой поток (фото А.Х. Хайдарова).*

Лессовый покров на нижней и верхней предгорной ступенях незначителен по мощности. При оползании лессового покрова верхней предгорной ступени будут вскрыты валунно-галечные отложения селей нижнечетвертичного периода. Эти отложения, как показывают наблюдения, неблагоприятны для жизни растительности, вследствие чего низкорослая зона может превратиться в сплошной очаг рассредоточенного селеобразования дождевого генезиса. Селевые выносы превратят наиболее плодородную часть равнины, прилегающую к предгорным ступеням, в безжизненную область.

Результаты анализа потенциальных селевых катастроф, степень которых может регулироваться человеком, показывают, что в ближайшее десятилетие наибольшую угрозу представят прорывы моренных озер и оползни лессового пояса северного склона Заилийского Алатау. При потеплении на 2-3 °С главную опасность будут представлять сели дождевого генезиса. Для оценки состояния лессового покрова в условиях антропо-

генной нагрузки в 1998 г. был произведен отбор проб на влажность почвогрунтов низкогорной зоны Заилийского Алатау в интервале глубин 0,2-3,0 м. Выяснилось, что наибольшей влажностью обладает лесс склонов северной экспозиции, причем влажность увеличивается с глубиной, по крайней мере до 3,0 м. В некоторых скважинах грунты на глубине 3,0 м близки к границе текучести, а в одной из скважин грунт практически достиг этой границы.

Изучение лессового массива показало, что в условиях интенсивных или продолжительных атмосферных осадков и искусственного орошения на дачных участках грунты в течение короткого промежутка времени (в 1998 г. - около месяца) способны достичь границы текучести, что в условиях относительно небольшого сейсмического воздействия может привести к массовому сходу оползней, как правило, трансформирующихся в селевые потоки. Глубина заложения поверхности скольжения оползней, вызываемых гидрометеорологическими факторами в лессовидных суглинках, согласно исследованию [6] не может превышать 5-7 м. Однако в условиях обводнения массива пород подземными напорными водами эта глубина может быть значительно больше, что приводит к увеличению масштабов оползневых процессов. Так, в 1887 г. объем оползней и селей, образовавшихся в результате Верненского землетрясения, на северном склоне Заилийского Алатау составил, по оценке И.В. Мушкетова, около 440 млн. м<sup>3</sup> [4].

Если в ходе предполагаемого потепления произойдет существенное увеличение осадков, неизбежно аномальное увлажнение лессового покрова на верхней предгорной ступени. Это приведет к активизации сдвиговых явлений, трансформирующихся в селевые потоки. Даже при относительно небольших землетрясениях (6-7 баллов) будут формироваться селевые потоки, отложение которых будет происходить на предгорной равнине. Помимо большого ущерба, наносимого хозяйственной деятельностью на верхней предгорной ступени, селевые явления могут исключить возможность эффективного использования предгорной равнины - зоны, наиболее благоприятной для хозяйственной деятельности в настоящее время.

При научно обоснованной хозяйственной деятельности ожидаемое потепление климата не приведет к существенной активизации селевой активности на верхней предгорной ступени даже при относительно неболь-



ших капиталовложениях в превентивные мероприятия. К наиболее эффективным превентивным мероприятиям следует отнести:

- совершенствование систем орошения и контроль за их функционированием;

- предотвращение аномального увлажнения и закрепление подвижного грунта путем насаждения древесных и кустарниковых растений, обладающих высокой степенью транспирации и мощно развитой корневой системой;

- защиту верхней предгорной ступени растительностью, обладающей способностью предохранять лессовый покров от эрозионных процессов в условиях потепления климата при дефиците увлажнения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винниченко С.М., Лим В.В., Огнев Н.С. Вопросы рационального использования сейсмоактивных горноскладчатых территорий. Обзорная информация. - Душанбе, 1989. - 48 с.
2. Илийская долина, ее природа и ресурсы / Под ред. М.И. Ломоновича. - Алма-Ата: Изд-во Ан КазССР, 1963. - 341 с.
3. Котляков В.М., Лорнус К. Глобальные изменения за последний ледниково-межледниковый цикл // Изв. АН СССР. Сер.геогр. - 1992. - № 1. - С. 5-22.
4. Мушкетов И.В. Верненское землетрясение 28 мая (9 июня) 1887 г. - СПб., 1890. - 154 с. - (Тр. Геол. Комитета, Т. 10, Вып. 1).
5. Оценка воздействий изменения климата и мер адаптации для прибрежной зоны Каспийского моря и горных районов Южного и Юго-Восточного Казахстана: Резюме для лиц, определяющих социально-экономическую и природоохранную политику - Алматы: Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата, 2000. - 49 с.
6. Петрухина И.А. Пределы изменения прочности лессовых пород оползневых склонов горных и предгорных районов Узбекистана // Гидрогеология и инженерная геология аридной зоны СССР: Материалы Среднеазиатского совещания по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними. - Душанбе: Дониш, 1968. - Вып. 12. - С. 211-216.
7. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Климат и ландшафты центральной части северного склона Заилийского Алатау / Современные проблемы геоэкологии и созологии. - Алматы, 2001. - С. 138-142.

8. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. О роли климата в селевой активности северного склона Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 4. - С. 46-59.
9. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Радикальный пересмотр стратегии защиты от селей - необходимое условие устойчивого развития горных и предгорных районов Казахстана / Материалы международной научно-практической конференции "Проблемы гидрометеорологии и экологии". - Алматы, 2001. - С. 32-35.
10. Степанов Б.С., Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К. Механизмы, приводящие к формированию селей дождевого генезиса в высокогорной зоне Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. - 2001. - № 1-2. - С. 74-81.
11. Яфязова Р.К. Основные закономерности формирования селевых конусов выноса (на примере северного склона Заилийского Алатау): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. - Алматы, 1998. - 21 с.
12. Яфязова Р.К. Селевая активность в Заилийском Алатау в прошлом, настоящем и будущем // Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. - Алматы: Ғылым, 1998. - С. 511-515.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

## ГЛОБАЛДЫ КЛИМАТ ЖЫЛЫНУЫ ЖӘНЕ СЕЛ БЕЛСЕНДІЛІГІ. АДАПТАЦИЯ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Геогр. ғылымд. канд.                      Р.К. Яфязова

*Климат өзгеруінің сел туындататын факторларға әсері қарастырылып, олардың осалдығына баға берілген. Глобалды жылындың апаттық салдарларына мейлінше кем шығынмен төтем беруге мүмкіндік беретін адаптация жолдары ұсынылған.*

УДК 551.311.551.4

## НЕКОТОРЫЕ УРОКИ ПРЕВЕНТИВНЫХ ОПОРОЖНЕНИЙ ГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОЗЕР ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ

Доктор геогр. наук

Б.С. Степанов

А.Х. Хайдаров

Канд. геогр. наук

Р.К. Яфязова

*Приведены результаты опорожнения озер в бассейнах рек Иссык, Большая и Малая Алматинки. Сделан вывод о том, что незавершенность работ по опорожнению селеопасных озер может привести к катастрофическим последствиям.*

Последнее глобальное потепление климата, начавшееся в середине XIX века, обусловило деградацию оледенения большинства горных стран Земли. Процесс деградации оледенения сопровождался на Северном Тянь-Шане формированием озер и внутриледниковых емкостей, катастрофический прорыв которых приводил к формированию мощных селей. В Заилийском Алатау гляциальные озера начали зарождаться в первые десятилетия XX века и достигли зрелой стадии в 1960-1970 годах.

### **Бассейн р. Иссык, 1977 г.**

Сель 1963 года, сформировавшийся в результате прорыва озера на леднике Жарсай, уничтожил озеро Иссык: Озеро Иссык образовалось в результате завала, возникшего, по нашему мнению, 15-20 тыс. лет тому назад. За это время в емкости, образованной завалом, накопилось около 80 млн. м<sup>3</sup> наносов [2]. В результате вхождения селя в озеро естественная плотина была разрушена и озеро опорожнилось. Город Иссык не только пострадал от катастрофического паводка, но и лишился природного селехранилища, защищавшего конус выноса р. Иссык на протяжении тысяч лет от мощных селей.

В 1977 году, когда котловина на леднике Жарсай вновь заполнилась водой и возникла реальная угроза г. Иссык, Правительство Казахстана поставило перед учеными и проектировщиками г. Алматы и Казглавселезащитой задачу в кратчайший срок выработать предложения по ликвидации или смягчению последствий нависшей угрозы.

Результаты анализа сведений о прошедших селях в бассейне р. Иссык, материалов аэрофотосъемок различных лет, рекогносцировочных обследований на моренно-ледниковом комплексе ледника Жарсай в период заполнения котловины позволил работникам Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института (КазНИГМИ) сделать следующие выводы:

- Сели 1958 и 1963 годов были вызваны прорывом того же водоема, который заполнялся и в 1977 году.
- Прорыв водоема в 1958 и 1963 годах происходил через ледяной туннель в перемычке котловины. Прорыву водоема в обоих случаях предшествовал перелив воды (по двум ложбинам) через перемычку, забронированную чехлом рыхлообломочных пород средней мощностью 0,1-0,2 м. Наличие чехла мешало термической эрозии русла и, как следствие, разрушению перемычки за счет тепла воды, накопившейся в водоеме. Это обстоятельство благоприятствовало прорыву воды через ледяной туннель.
- Перемычка сложена в основном льдом. Ширина перемычки составляет 70-80 м. Наклон откосов перемычки 65-70°.
- В перемычке имеется, как минимум, одна полость (на поверхности перемычки прослушивались звуки падения в воду камней, вытравивающих из ледяного свода).
- Последствия селя, который может сформироваться в результате естественного прорыва водоема, будут катастрофическими для г. Иссык.

На основании вышеизложенного КазНИГМИ рекомендовал произвести превентивное опорожнение водоема на леднике Жарсай. Методическое руководство превентивным опорожением водоема на леднике Жарсай Правительством Казахстана было возложено на КазНИГМИ, общее руководство и обеспечение рабочей силой - на Казглавселезащиту.

Быстрое заполнение котловины водой (уровень воды увеличивался примерно на 0,5 м в сутки) в период 24-26 июня делало неизбежным поверхностный перелив воды через перемычку. Проведение каких-либо взрывных работ на перемычке с целью прокладки канала стока было опасно, так как это могло спровоцировать вскрытие ледяного туннеля. В течение суток был убран рыхлообломочный чехол из двух ложбин-каналов поверхностного стока и, тем самым, были созданы благоприятные условия для формирования поверхностных каналов за счет тепла воды.

Поверхностный прелив начался по западной ложбине, а затем и по восточной. В ходе опорожнения водоема особое внимание уделялось контролю за перемещением перемычки пятащейся эрозией, так как это могло привести к резкому увеличению расхода прорывного паводка. Пятащаяся эрозия в восточном канале развивалась быстрее, чем в западном (глубина восточного канала, формировавшегося в тыльной части перемычки, достигала 10 м). Возникла угроза вскрытия туннеля. Это неминуемо привело бы к опорожнению водоема через туннель и формированию катастрофического селя.

Было принято решение о перекрытии восточного канала, что и было выполнено аварийной бригадой путем заброски начального участка канала обломками горных пород. Скорость пятащейся эрозии в западном канале снижалась путем защиты его дна крупными камнями. Благодаря принятым мерам уклон тыльной стороны перемычки был снижен с 60 до 8-10°. В результате описанных мер удалось осуществить контролируемый сброс более 200 тыс. м<sup>3</sup> воды из водоема и обеспечить дальнейшую самопроизвольную сработку еще 220 тыс. м<sup>3</sup> воды. Средний расход воды через перемычку составил около 1,8 м<sup>3</sup>/с при максимальном его значении 6-8 м<sup>3</sup>/с.

К 1 июля 1977 года дальнейшее формирование канала прекратилось, так как канал, в месте сочленения его с озерной котловиной в северо-восточной части, практически приобрел отметку дна этой котловины, которая было забронирована рыхлообломочными отложениями. В ее юго-западной части, имевшей большую глубину, осталось около 60 тыс. м<sup>3</sup> воды. Вход в ледяной туннель оставался под водой.

Несмотря на настойчивые рекомендации представителей КазНИГМИ продолжить опорожнение водоема путем удаления рыхлообломочного чехла со дна опорожненной части озера, руководство Казглавселезащиты приняло решение о прекращении работ.

3 июля, в результате вскрытия ледяного туннеля, оставшийся объем воды в течение примерно 30 минут был сброшен (со средним расходом, близким к 30 м<sup>3</sup>/с) по подземному каналу стока, соединявшемуся с поверхностным каналом стока примерно в 100 м от верхнего бьефа перемычки. В селевом врезе на конечной морене вюрмского оледенения сформировался мощный грязекаменный селевой поток с максимальным расходом 700-1000 м<sup>3</sup>/с. Дальность селевого выброса составила несколько километров, сель отложился в пределах горной зоны.

Мероприятия по искусственному опорожнению Жарсайского озера предотвратили формирование катастрофического селевого потока не менее мощного, чем тот, который привел к гибели озера Иссык и причинил значительный ущерб г. Иссык.

В связи с этим вызывает недоумение то обстоятельство, что в монографии “Безопасность и контроль гляциальных селей в Казахстане” [1] описанные события отнесены к разряду селевых катастроф. Из глоссария, приведенного в упомянутой монографии, следует, что под катастрофой в законодательстве РК понимается разрушительное явление, повлекшее чрезвычайную ситуацию регионального или глобального масштаба. Ни той, ни другой ситуации в 1977 г. не наблюдалось.

Неверны выводы и о причинах, позволивших предотвратить катастрофу. Действительно, “... приход тепла в гляциальную зону был существенно больше, чем в соответствующие периоды 1958 и 1963 гг.”, однако утверждение, что “Последнее обстоятельство и сыграло главную роль, помешавшую реализоваться катастрофическому прорыву озера по классическому сценарию через туннель”, не соответствует действительности. Катастрофа была предупреждена благодаря грамотным действиям, позволившим своевременно опорожнить озеро по поверхностным каналам стока до того, как туннель был вскрыт в результате природных процессов.

Описанные события в работе [1] правильнее было бы поместить не в разделе “Антология гляциальных селей (причины и следствия)”, а в разделе “Превентивные мероприятия. Опыт Казселезащиты 1970-1990 гг.”, упомянув при этом и о роли других организаций.

#### **Бассейн р. Большая Алматинка, 1977 г.**

3 августа 1977 года по долине р. Большая Алматинка прошел катастрофический селя, нанесший ущерб в несколько миллионов долларов, погибли люди. Причиной формирования селя послужил прорыв озера № 13, расположенного на морене ледника Советов, в бассейне р. Кумбель. Время образования озера неизвестно, в 1967 году оно аккумулировало 138 тыс. м<sup>3</sup> воды. К 1974 году объем воды в озере достиг 220 тыс. м<sup>3</sup>. В результате превентивного опорожнения озера Казглавселезащитой в 1974-1975 годах объем озера был снижен до 80-90 тыс. м<sup>3</sup>.

В работе [4], посвященной описанию селевых явлений 3-31 августа 1977 года, отмечалось, что Казглавселезащита продолжила опорожнение озера № 13 и в период 1976-1977 годы “... В основе мероприятий ле-

жало искусственное снижение отметки порога перелива. На пороге перелива сооружалась временная запруда высотой 0,5-0,8 м, что приводило к увеличению объема озера на 10-17 тыс. м<sup>3</sup>. Затем запруда разрушалась, а возникающий при этом водный паводок размывал перемычку. В целях разрыхления моренного грунта на перемычке производились взрывы. К началу августа 1977 г. в результате мелиоративных работ, а также теплового воздействия бытовых расходов на грунт под ложем канала стока практически не осталось цементированного льдом грунта. Поднятие уровня воды к 3 августа на 0,7 м относительно естественного гребня перелива явилось причиной постепенного размыва перемычки, а затем, при превышении водным потоком критического расхода, селевого процесса непосредственно на перемычке, вызвавшего практически полный сброс воды из озера ...”.

Из приведенной цитаты нетрудно видеть, что на языке 1977 года, когда публикации о катастрофах природного, а тем более антропогенного генезиса в открытой печати не поощрялись, утверждается, что главной причиной селеформирования было искусственное увеличение уровня воды в озере на фоне незавершенных работ по превентивному опорожнению озера № 13.

Более определенно об этом сказано в Ежегоднике “Селевые потоки на территории Казахской ССР за 1977 г.” [5]: “... увеличение расхода воды могло быть вызвано эрозией русла на границе искусственно созданной работниками Казглавселезащиты запруды (мешки с песком) и берегом русла, или при частичном опрокидывании этой запруды ...”.

После 21-летнего молчания лиц, в той или иной мере причастных к событиям 1977 года, в монографии, подводящей итоги деятельности Казглавселезащиты за 30 летний период, ставится под сомнение антропогенный генезис катастрофы. В ходе “опровержения” ее авторы неоднократно противоречат сами себе. На с. 25 [1] утверждается, что “... В течение 1976-1977 гг. никаких мелиоративных работ на морене ледника Советов не проводилось”, однако уже на с. 27 написано, что “... Временная плотина, оставленная здесь рабочими еще с 1976 г. (!) имела в длину около 3 м, а высоту около 0,5 м ...”. На с. 27 сообщается “... утверждение о медленном возрастании расходов воды перед прорывом плотины не подтверждается данными очевидцев, подчеркивающими исключительно бурный характер происходящего ...”, хотя на с. 26 мы читаем: “... Исходя из при-

веденной информации ясно, что, к сожалению, момент прорыва плотины озера и процессы, непосредственно предшествовавшие этому, никто не наблюдал.

Забыл, вероятно, один из авторов [1] и то, что в Ежегоднике "Селевые потоки на территории Казахской ССР за 1977 г.", написанном в том числе и им, утверждается: "... В 1974-1977 гг. Алматинским Бассейновым Управлением (АБУ) Казглавселезащиты на озере № 13 проводился комплекс работ, направленных на уменьшение объема водной массы озера ... Основу мероприятий составляло искусственное снижение относительной отметки порога перелива. Достигалось это следующим образом. На ... пороге перелива сооружалась временная запруда высотой 0,5-0,8 м, шириной до 1,0 м ... В дальнейшем временная перемычка разрушалась, а ... паводок углублял русло ... Для лучшего взаимодействия водной массы и моренного материала последний предварительно разрыхлялся (при помощи взрывов) ... Очередной цикл понижения порога перелива должен был состояться в начале августа 1977 г. Для этого в конце июля на гребне перелива озера сотрудниками АБУ построена временная запруда ... Таким образом, объем озера № 13 на 03.08.77 г. составлял 89,6 тыс. м<sup>3</sup>, причем 16,6 тыс. м<sup>3</sup> удерживались временной запрудой (высота 0,7 м, ширина 1 м, длина 7 м) через которую свободно переливалась вода ..." [5].

Приведя два возможных сценария разрушения перемычки, авторы "Ежегодника" считали, что "... не имеет смысла устанавливать приоритет того или иного фактора ... определяющим фактором, обусловившим прорыв и опорожнение озера Кумбельского является временная запруда, устроенная на гребне перелива озера ...".

В ходе опорожнения озера было сброшено 74,5 тыс. м<sup>3</sup> воды в течение 85 минут, при этом уровень воды в озере упал на 4,2 м. Средний расход воды через перемычку составил 15 м<sup>3</sup>/с, а максимальный - превысил 30 м<sup>3</sup>/с. Несмотря на относительно небольшие расходы водного потока, расход селея 1977 года на реках Кумбель и Б. Алматинка превышал 1000 м<sup>3</sup>/с. Объясняется это большим увлажнением рыхлообломочных пород конечной морены вюрмского оледенения, в которую вложен Кумбельский селевой врез.

Представления о механизме прорыва озера № 13 могут быть различными, однако неоспоримым является тот факт, что катастрофа - результат не завершения до логического конца работ по опорожнению озера,



начатых за несколько лет до его прорыва, а также то, что "... все работы по снижению объема озера проводились бригадой строителей без должного методического руководства и курирования ..." [5].

#### **Бассейн р. Малая Алматинка**

Зарождение озера на леднике М. Маметовой относят к 50-м годам XX века. К 70-м годам объем озера увеличился до 43 тыс. м<sup>3</sup>. В 1976-1978 годах в результате профилактических работ уровень воды в озере был понижен на 3,4 м, а объем до 36 тыс. м<sup>3</sup> [1]. В 1996-1997 годах озеро имело объем 190 тыс. м<sup>3</sup> и было признано наиболее селеопасным в бассейне р. Малая Алматинка.

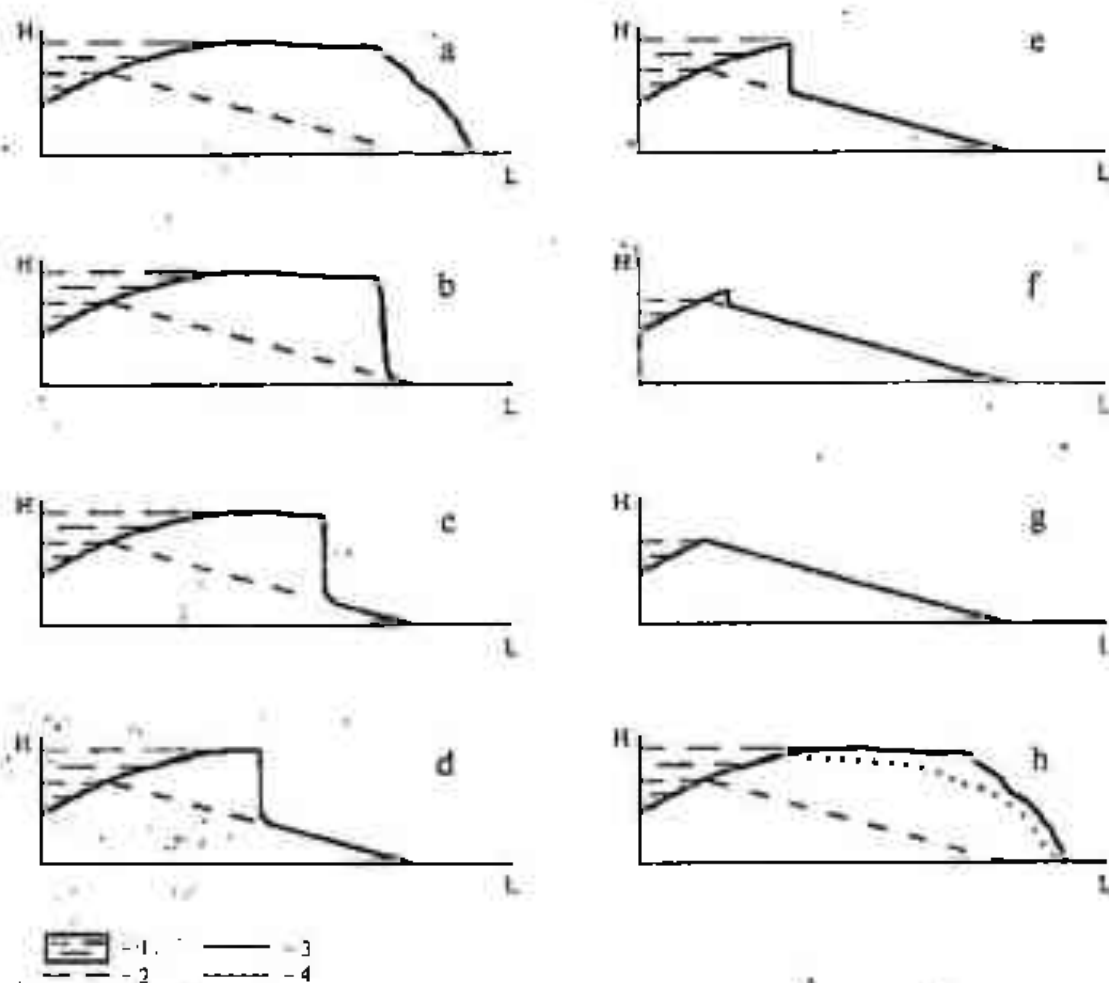
Поскольку использование землеройной техники оказалось практически невозможным, предполагалось использовать для размыва озерной перемычки и транспортировки значительных объемов рыхлообломочных пород (10-15 тыс. м<sup>3</sup> на расстояние 200-400 м) энергию воды.

Работы по методике, предложенной КазНИИМОСК, должны были осуществляться таким образом, чтобы весь грунт, слагающий борта русла, обрушался и уносился в виде селя на задровое поле, где и происходило бы отложение твердой фазы селевой смеси.

Планировавшееся поэтапное изменение продольного профиля канала стока изображено на рис.1. Размыв канала стока и транспортировку рыхлообломочных пород (в составе формирующейся селевой смеси) предполагалось осуществлять попусками воды с помощью "мягкого" и металлического ("жесткого") затворов. С помощью "мягкого" затвора должны были формироваться короткие попуски (из-за ограниченного объема накапливающейся воды), призванные срывать образующуюся после каждого попуска самоотмокту. "Жесткие" затворы, рассчитанные на попуск воды с расходом до 4,2 м<sup>3</sup>/с, должны были поддерживать импульсные попуски, организуемые с помощью "мягкого" затвора. Необходимость в синхронной работе упомянутых затворов была вызвана тем, что расходы волн, формируемых "мягким" затвором, очень быстро уменьшаются при их движении по руслу.

Поскольку методика опорожнения озер, перемычка которых сложена моренными отложениями, не была отработана, предполагалось, что анализ текущих результатов, определение хода дальнейших работ будут осуществляться штабом, в состав которого должны были войти представители Казселезащиты, Казгидропроекта и КазНИИМОСК. Общее руко-

водство было возложено на представителей Комитета Республики Казахстан по чрезвычайным ситуациям и Казселезащиты, именуемых в дальнейшем производителями работ.



*Рис.1. Планируемые этапы опорожнения озера. а - исходный профиль канала стока; б, с, д, е, ф, г - этапы опорожнения озера; h - результат опорожнения озера. 1-озеро; 2-проектный профиль канала стока; 3-профиль канала стока, который должен был формироваться в ходе опорожнения; 4-фактический профиль канала стока.*

Подготовка к опорожнению длилась около 20 дней, в течение которых были проведены геофизические работы по оценке строения морены, исследованы пути возможного подземного стока паводковых вод, установлены “жесткие” затворы, канал стока был выстлан брезентом, призванным защитить канал стока от эрозии и т.д. Техническое описание оборудования, использовавшегося при опорожнении, представляет самостоятельную ценность и будет приведено в отдельной публикации.

На рис.2 приведены продольные профили тальвега канала стока из озера на леднике М. Маметовой на различные даты периода опорожнения. Первые попуски состоялись 26.07.97 г. и к 29.07.97 г. были получены обнадеживающие результаты. Эрозионное углубление русла в исходном положении “мягкого” затвора составило около 5 м.

Однако уже менее чем в 30 м от исходного положения “мягкого” затвора началось отложение рыхлообломочного материала с явными признаками формирования самоотмостки. Объясняется это тем, что попуски осуществлялись только с помощью “мягкого” затвора и, из-за малого объема попусков, расход волны попуска очень быстро уменьшался по мере продвижения по каналу стока. На это обстоятельство обратили внимание представители КазНИИМОСК и предложили осуществлять синхронные попуски с помощью “мягкого” и “жесткого” затворов. Это предложение производителями работ не было принято во внимание, в дальнейшем предполагавшийся штаб не функционировал.

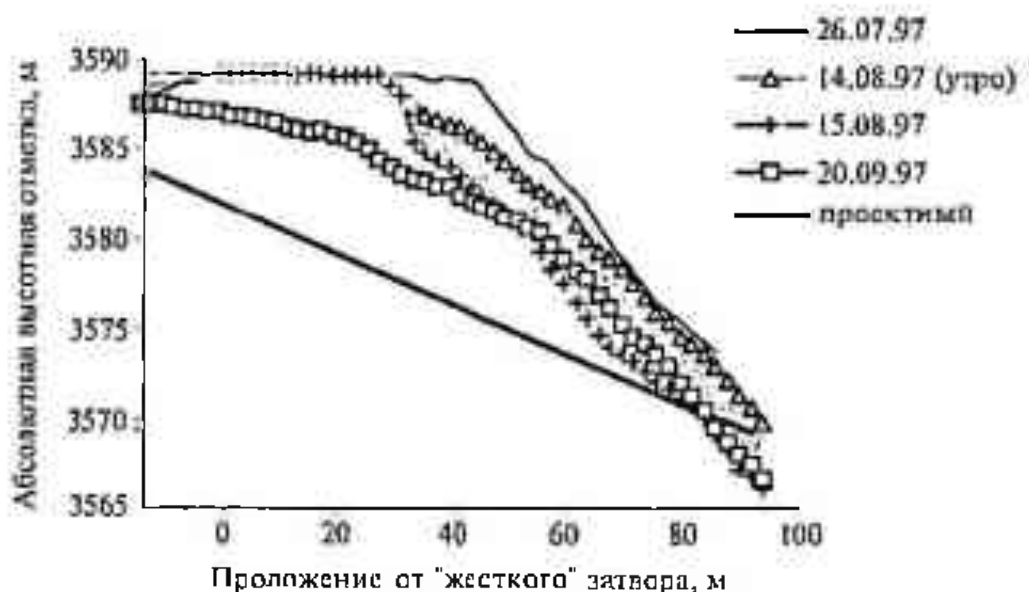


Рис.2. Профили каналов стока.

Вместо того, чтобы разобрать вручную и с помощью взрывчатых веществ образовавшуюся самоотмостку и с помощью лаводка, организуемого синхронным открытием затворов, углублять канал стока, как это предлагалось КазНИИМОСК, производители работ приняли решение о переносе “мягкого” затвора ближе к озеру, продолжив попуски только с помощью последнего. И хотя в дальнейшем синхронные попуски были осуществлены, сформировавшаяся самоотмостка не позволила получить

ошутимые результаты. Это хорошо иллюстрируется профилем канала стока, образованным к 14.08.97 г. (рис.2). Несмотря на то, что число попусков превысило сотню, работы зашли в тупик. За половину месяца канал стока был увеличен меньше, чем за первые три дня работы, когда самоотмостка еще не образовалась.

13-14.08.97 г., во время отсутствия производителей работ, сотрудники КазНИИМОСК с помощью рабочих Казселезащиты произвели разборку самоотмостки по методике, отвергавшейся ответственными исполнителями. Результаты попусков, осуществленных 15.08.97 г., оказались весомее результатов, полученных за предыдущие 20 дней.

И опять, вместо того чтобы предотвратить формирование самоотмостки и продолжить углубление канала стока, производители работ приняли решение о переносе положения "мягкого" затвора ближе к озеру. Такие действия привели к фактическому провалу работ (рис. 3, профиль на 20.09.97 г.). Утверждение о том, что "...В итоге выполнения аварийных работ основная задача по ликвидации селевой угрозы в бассейне р. Малая Алматинка была решена ..." [1], не соответствует действительности. Озеро опорожнено не на 110 тыс. м<sup>3</sup>, а максимум на 55-60 тыс. м<sup>3</sup>, уровень воды в озере понижен не на 4,9 м, а на  $2,6 \pm 0,1$  м [3].

В отчете КазНИИМОСК [3], принятом Казселезащитой без замечаний, в частности говорится: "...причиной того, что в ходе работ не удалось опорожнить озеро до проектной величины, является то, что систематически не выполнялись главные требования, лежащие в основе гидравлического способа разрушения перемычек: наклон русла ниже "мягкого" затвора должен превышать 12°, а расход и объем водного паводка - критические значения для конкретных геолого-геоморфологических ситуаций. ... Рельеф в районе перемычки, сформировавшийся на 30.09.97 г. существенно отличается от такового, который должен был иметь место при запланированном опорожнении озера на 6 м ... Для предотвращения катастрофической ситуации необходимо в период абляции вести круглосуточное наблюдение за состоянием перемычки и принимать меры, исключающие возможность неконтролируемого разрушения перемычки ... Работы по опорожнению озера № 6 в 1997 г. следует считать промежуточным этапом ... и ... должны быть продолжены в 1998 г."

События последующих лет полностью подтвердили прогноз КазНИИМОСК. В 1998 году, из-за оползневых явлений и обрушения склонов,

примыкающих к каналу стока, высотные отметки перемычки достигли величины, предшествовавшей началу работ 1997 г. (рис.3, профиль на 01.08.98 г.). Казселезащита вынуждена в течение уже 4 лет в летний период держать на озере бригаду рабочих, расчищающих канал стока с целью предотвращения катастрофического опорожнения озера.

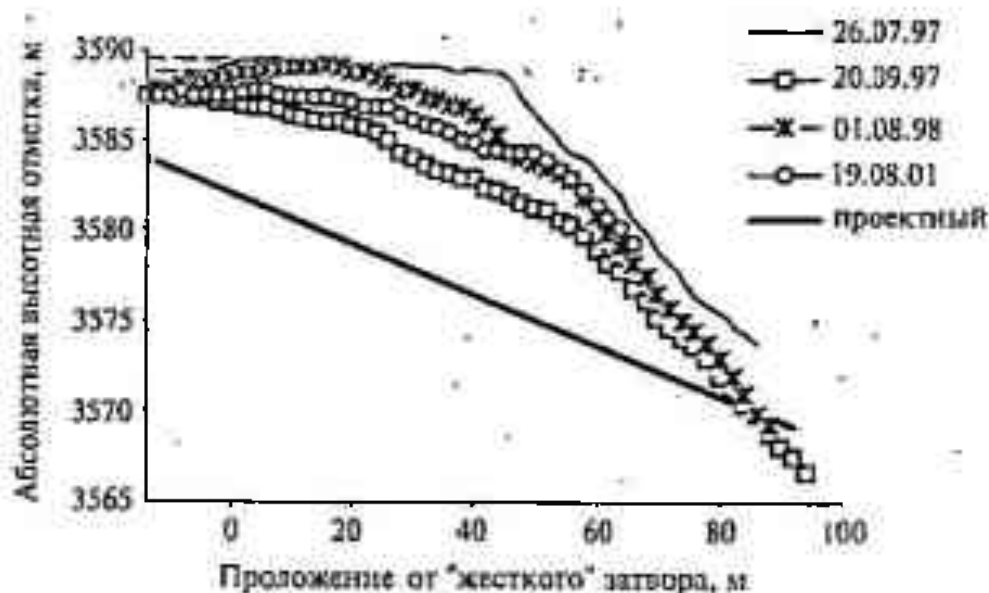


Рис.3. Профили каналов стока.

Судя по всему, озеро усиленно развивается и, возможно, его объем превысил значение, предшествовавшее 1997 году. Незавершенность работ по опорожнению озера № 6 может привести к катастрофе, превосходящей катастрофу 1977 года в бассейне р. Кумбель.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность и контроль гляциальных селей в Казахстане - Алматы: Гылым, 1998. - 102 с.
2. Земс А.Э. Некоторые количественные характеристики Жарсайского селя 1963 года на р. Иссык // Селевые потоки. - М.: Гидрометеиздат, 1976. - № 1. - С. 60-72.
3. Отчет о научно-исследовательских, экспериментальных и полевых работах с целью ликвидации селевой угрозы в бассейне р. М. Алматинки: Отчет о НИР / КазНИИМОСК - Алматы, 1997. - 90 с. - Отв. исполнитель Б.С. Степанов.
4. Попов В.И., Степанов Б.С., Мочалов В.П. и др. Селевые явления 3-31 августа 1977 г. в бассейне р. Большая Алматинка // Селевые потоки. - М.: Гидрометеиздат, 1980. - № 4. - С. 57-68.

5. Селевой поток 3-4 августа в бассейне р. Большая Алматинка // Ежегодник "Селевые потоки на территории КазССР за 1977 г." - Инв. № 7/1204. - Алма-Ата УГМС Селевая гидрографическая партия. - С.1-21.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

### **ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ ГЛЯЦИАЛДЫ КӨЛДЕРІНІҢ ПРЕВЕНТИВТІК БОСАТЫЛУЫНЫҢ КЕЙБІР САБАҚТАРЫ**

Геогр. ғылымд. докт.	Б.С. Степанов
	А.Х. Хайдаров
Геогр. ғылымд. канд.	Р.К. Яфязова

*Есік, Үлкен және Кіші Алматы өзендері алабындағы көлдердің босатылу нәтижелері келтірілген. Сел қаупі бар көлдерді босату жұмыстарын аяғына дейін жеткізбеу қатерге апара алатыны туралы қорытынды жасалған.*

УДК 551.465.755:519.688

## ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНОЙ ЗОНЫ КАЗАХСТАНСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Канд. геол.-мин. наук	Т.К. Кудеков
Канд. техн. наук	С.П. Шиварева
Канд. геогр. наук	Н.И. Ивкина

*В статье изложены основные принципы геоэкологического метода, используемые при проведении зонирования территории, направленного на защиту, восстановление, сохранение и устойчивое использование окружающей среды в Прикаспийском регионе.*

Антропогенное загрязнение окружающей среды Каспийского региона в пределах Республики Казахстан в настоящее время приобретает черты слабо контролируемого и плохо управляемого стихийного процесса, который представляет собой серьезную угрозу здоровью населения, вносит значительный ущерб экономике регионов, отраслям хозяйства, отдельным предприятиям. В конечном итоге эта проблема начинает затрагивать жизненно важные интересы национальной и экологической безопасности страны, а в глобальном масштабе – всего человечества.

Максимальная экологическая и экономическая эффективность планирования и проведения природоохранных мероприятий, направленных на улучшение состояния исследуемой территории, в значительной степени зависит от тщательного учета всех природных факторов и антропогенных воздействий. Между тем, и природные условия, и антропогенная нагрузка распределены весьма неравномерно. Поэтому, очень важно иметь объективную оценку экологического состояния региона, на основе которой можно выявить зоны, где в первую очередь требуется проведение водо- и природоохранных мероприятий.

Получение такой оценки сопряжено со значительными трудностями. Прежде всего, они вызваны большим числом разнообразных источников антропогенного загрязнения, а также недостатком информации. Кроме того, еще недостаточно изучено воздействие антропогенного загрязнения

на те или иные компоненты геосистем, а также компенсирующие, буферные свойства последних, позволяющие нейтрализовать эти воздействия.

В значительной мере преодоление этих трудностей возможно при применении комплексного геоэкологического подхода, позволяющего объединить разнородную информацию о природных и антропогенных факторах в целостную объективную картину, отражающую остроту или напряженность экологической ситуации в рассматриваемом регионе. В качестве составной части такого геоэкологического метода, направленного на защиту, восстановление, сохранение и устойчивое использование окружающей среды в Прикаспийском регионе, предлагается зонирование территории.

Особенностью исследуемой территории является постоянная миграция береговой линии, вызываемая периодическими повышениями и понижениями уровня воды под действием ветра, так называемыми сгонно-нагонными явлениями. Эта часть моря характеризуется наиболее существенными изменениями гидролого-морфологических, гидрохимических и экологических процессов. Здесь, в среднем, в месяц отмечается 3-4 нагона и 4-5 сгонов. Одной из основных особенностей гидролого-морфологических процессов у побережья Каспийского моря является то, что они происходят в условиях значительных изменений среднего (фоновое) уровня моря. При средних ветровых условиях размах миграции береговой линии составляет 3-5 км, в экстремальных – при сгоне величина осушки может достигать 10-20 км, а при нагоне - величина затопления суши в отдельных районах побережья – до 20-30 км. Поэтому специфика сгонно-нагонных явлений была определяющей в проведении зонирования территории. Оценка степени влияния антропогенеза на природную среду и определение чувствительности по районам выполнялись по материалам ОКЮС (Offshore Kazakhstan International Operating Company N.V.).

Приоритетными для целей сохранения биоразнообразия Каспийского региона являются правовые механизмы, обеспечивающие охрану и управление биоресурсами, мониторинг за состоянием биоразнообразия и его инвентаризацию, снижение уровня загрязнения моря.

#### *Существующие правовые механизмы*

В настоящее время акватория Северного Каспия, относящаяся территориально к Республике Казахстан и обладающая большой биологической и рыбохозяйственной целостностью, имеет особый статус. Постановлением Совета Министров Казахской ССР от 30 апреля 1974 года №252 «Об



объявлении заповедной зоны в Северной части Каспийского моря» акватория с дельтами Волги и Урала в пределах территории РК объявлена заповедной зоной.

Планировать и проводить геологоразведочные работы в этой зоне стало возможным после внесения Правительством РК Поправки в Положение о заповедной зоне Каспийского моря (Постановление №936 от 23 сентября 1993 г.). Геологоразведочные работы в Северном Каспии регулируются также:

- «Особыми экологическими условиями для проведения геофизических исследований в Казахстанской части Каспийского моря», 1993 г. [2];
- «Специальными экологическими требованиями в государственной заповедной зоне в северной части Каспийского моря», 1999 г. (далее «Специальные требования...») [3].

«Особые экологические условия...» распространяются на казахстанскую часть Каспийского моря и на прилегающую береговую зону шириной до 3 км. Действие документа продлено Решением Комитета по экологии и природным ресурсам РК от 14.01.98 г. до 31.12.00 г. «Особые экологические условия...» регламентируют вопросы проведения сейсморазведки в казахстанской части Каспийского моря в интересах сохранения биоразнообразия и продуктивности водных и околводных экосистем:

«Особые экологические условия...» выдвигают ряд требований и запретов при организации и проведении сейсморазведочных работ: с 1 апреля по 15 июля запрещается проведение сейсмических работ в местах гнездования водоплавающих и околводных птиц, ограничиваются работы с октября по май в местах концентрации тюленей, вводится запрещение на использование взрывчатых веществ, запрещается сброс в море необезвреженных отходов, неочищенных вод и др. Документом предусматривается привлечение средств инициатора деятельности для обеспечения воспроизводства ценных промысловых рыб и охраны нерестилищ.

Общий контроль за проведением геофизических исследований осуществляется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды РК (МПРООС), постоянный контроль осуществляется силами областных комитетов ООС.

«Специальные требования...» распространяются на весь комплекс морских поисково-разведочных работ и распространяются на территорию северной части Каспийского моря в границах, определенных Постановлением Совмина 30.04.74 г. и Постановлением 13.07.78 г. «О включении в

заповедную зону северной части Каспийского моря акватории и поймы р. Урал».

«Специальные требования...» выдвигают обязательные условия для поисково-разведочных работ:

- технология работ согласовывается с уполномоченными органами и может корректироваться у учетом проводимого мониторинга;
- строительство береговых баз должно осуществляться вне заповедной зоны с максимальным использованием существующей инфраструктуры;
- сброс очищенных жидких и твердых отходов производства и потребления осуществляется только по разрешению уполномоченных органов;
- должно быть сведено до минимума сжигание углеводородов и газа на факеле при испытании скважин;
- с 1 апреля по 15 июля запрещается:
  - строительство буровых оснований, испытание скважин и судоходство в приустьевых районах рек Волга и Урал, в этих же зонах с 1 по 30 октября запрещаются дноуглубительные и строительные работы;
  - проведение работ по строительству буровых оснований и испытание скважин в местах гнездования птиц (в тростниковых зарослях, песчаных прибрежных косах и островах);
- с октября по май проведение всех беспокоящих тюленей операций разрешено только вдали от мест концентрации каспийского тюленя и ряд других требований.

В соответствии с пунктом 39 «Специальных требований...» определена 15-ти километровая прибрежная зона существенных экологических ограничений (по отношению к генерализованной береговой линии моря на 01.01.1994 г.), а также введены ограничения на проведение работ в восточной части дельты реки Волга и дельты реки Урал в радиусе 50 км.

Кроме того, этот документ предусматривает запрещение поисково-разведочного бурения на территории с «заповедным режимом». Определение этих территорий являлось задачей представленного зонирования северной части казахстанского сектора Каспийского моря.

#### *Методология зонирования заповедной зоны*

Обязательным требованием при проведении зонирования было применение комплексного подхода к решению задачи. На основе имеющихся данных Казгидромета выявлены физико-географические особенности природной среды наиболее продуктивной мелководной северо-восточной части Каспийского моря, с ее своеобразным режимом миграции

береговой линии. С помощью гидродинамического моделирования сгонно-нагонных явлений удалось выделить маргинальную полосу, простирающуюся до 20 км в сторону моря и до 50 км в сторону суши от генерализованной береговой линии. В исследуемой полосе, как показано выше, часто повторяющиеся стихийные гидрометеорологические явления (штормовые сгоны и нагоны, резкие колебания температуры воздуха и воды, контрастные ледовые условия, сильное волнение и т.д.) создают сами по себе негативное воздействие на окружающую среду, а также на производственный технологический процесс.

Маргинальная полоса характеризуется неустойчивым режимом в связи с тем, что берег периодически затопливается, а затем освобождается от воды и контактирует с воздухом; таким образом, растения и животные, приспособленные к умеренным температурам моря, попадая с нагонной водой на побережье и задерживаясь в понижениях рельефа, подвергаются действию солнечных лучей и ночного охлаждения. При малой воде все связанные с берегом организмы подвергаются иссушающему действию ветра, вследствие чего у животных, обычно окруженных и защищенных водой, нормальное течение физиологических процессов, а именно, дыхание, питание, выделение и воспроизводство затруднено. Ряд животных подвергается опасности загрязнения нефтепродуктами и эмульгаторами разлитой на побережье нефти, которые непосредственной гибели животных не вызывают, однако обуславливают явление анестезии, препятствующее проявлению защитных реакций организма.

В то же время, морские воды особенно подвержены изменениям в прибрежных зонах, т.е. зонах, испытывающих на себе постоянное влияние моря. Организмы, обитающие в открытом море, оказываются мало приспособленными к изменениям среды, вызываемым притоком загрязнения с берега в места их постоянного обитания. Около границ этих зон животные более восприимчивы даже к низким концентрациям загрязняющих веществ, воздействие которых при оптимальных условиях среды было бы сравнительно безвредным. Некоторые организмы вообще не переносят воздействие токсичных веществ и, в результате, эти виды со временем могут полностью быть подавлены другими организмами, которые быстро размножаются в условиях загрязнения моря. Токсиканты, подобно стойким биоцидам, аккумулятивны и могут концентрироваться по мере перехода с одного уровня трофической цепи на другой, влияя на находящиеся в конце цепи высокоорганизованных платоядных животных гораздо в

большей степени, чем на стоящих в начале цепи продуценты с коротким жизненным циклом.

Растительность этой зоны очень динамична, неустойчива и основной причиной этого являются непостоянство уровня моря и его береговой линии. Непостоянство уровня моря и сгонно-нагонные явления вызывают в окружающей среде ряд процессов, влияющих на состояние и характер растительности. Это затопление прибрежных территорий, промывание засоленных территорий при сгонно-нагонных явлениях до уровня солености морской воды; подтопление территорий при повышении уровня грунтовых вод, вызывающее вторичное засоление почв в результате эвапотранспирации, т.е. подтягивание солей к поверхности почвы испарением с поверхности почвы и растепиями (выпотной режим). При затоплении растительности наступающим морем происходит ее полное отмирание и разрушение.

В пределах этой зоны расположен ряд месторождений, имеющих защитные дамбы. Однако, поскольку основное влияние нагонной волны - опреснение засоленных верхних горизонтов почвы до уровня солености морской воды, то прекращение морян ухудшает гидрологический режим формирования и функционирования растительности, усиливает процессы галофитизации и ксерофитизации растительности. Это в основном безлистные кустарнички и травы, способные регулировать содержание солей в листьях или в побегах. Эти территории зарастают сарсазаном с участием солончакового разнотравья.

Применение гидродинамической модели Каспийского моря позволило рассчитать координаты распространения сгонов и нагонов морской воды в малоизученных и самых уязвимых районах казахстанского побережья. Изучение периодов наибольшей уязвимости природных ресурсов, представленных в отчетах ОКЮС по экологическим исследованиям фоновое состояния окружающей среды северо-восточной части Каспийского моря, позволили провести более детальное районирование маргинальной зоны [4] и составить зональную карту государственной заповедной зоны северной части казахстанского сектора Каспийского моря. На рисунке представлена схема с выделенными одиннадцатью районами.

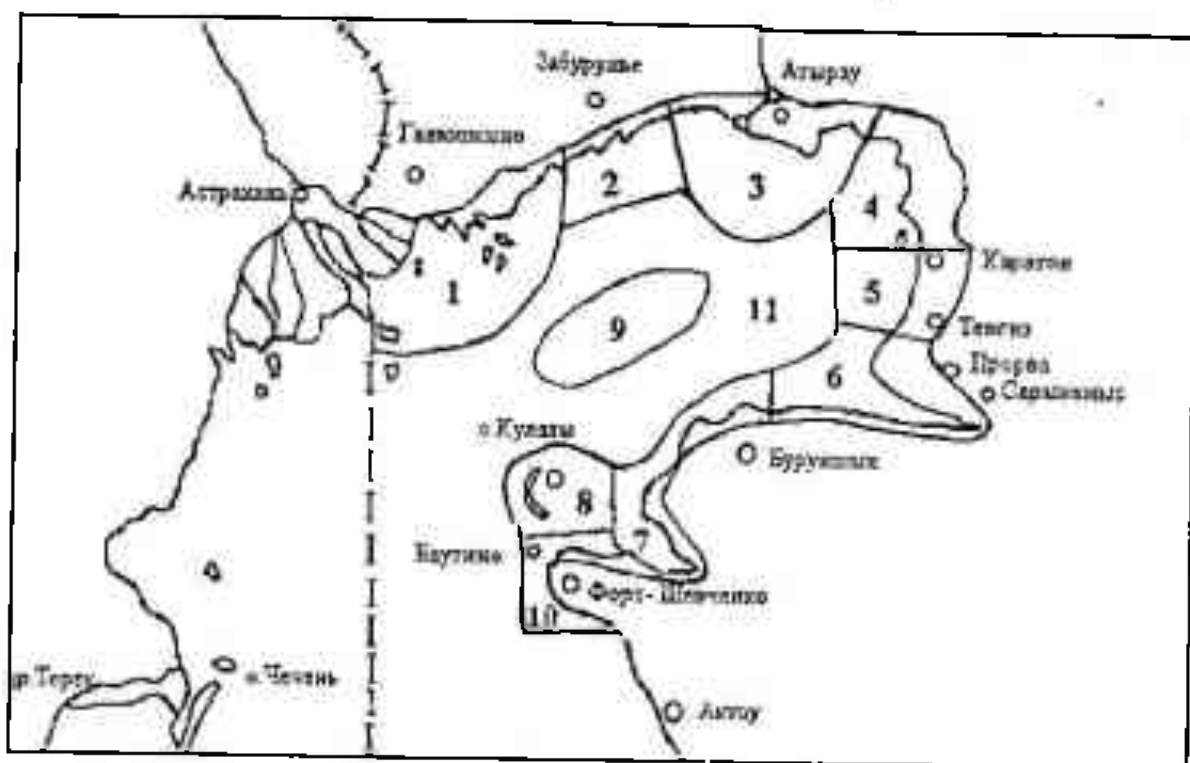


Рис. Схема зонирования государственной заповедной зоны северной части казахстанского сектора Каспийского моря.

Из одиннадцати выделенных районов первый и третий — относятся к дельтам рек. Первый район охватывает взморье восточной части дельты Волги, а третий — взморье реки Урал. Границы этих районов соответствуют требованиям, выдвинутым в «Особых экологических условиях...», т.е. они расположены в радиусе 50 км от вершины дельт при максимальном уровне моря при нагоне.

Все прибрежные районы ограничены со стороны суши максимально-возможной береговой линией моря во время нагона при современном уровне моря. Для каждого района эта линия находится на разном расстоянии от современного уреза воды, равного минус 27 м абс.

Граница районов со стороны моря проведена по изолинии, равной минус 30 м абс. В пределах этой изобаты наблюдается спад воды во время сгона, а также уменьшение глубины моря от 80 до 120 см. Между собой районы имеют границы, зависящие от конфигурации берега, силы «эффективного» нагонного направления ветра, глубины моря, наличия водной растительности и тростников у берега [1, 5, 6].

Каждый район богат уникальными биологическими ресурсами, которые должны быть сохранены при хозяйственной деятельности. Поэтому, сохранение наибольшего количества биоресурсов является основопола-

гающим принципом зонирования. По материалам ОКЮС (1996 – 2001 гг.) сделан анализ чувствительности биоресурсов по выделенным районам и по времени года.

Выделено восемнадцать биокomпонентов, которые являются наиболее значимыми для сохранения уникальной экосистемы заповедной зоны казахстанского сектора Каспийского моря: тюлени, бентос, планктон; рыбы: осетровые, окуневые, карповые, сельдевые, кефалевые, кильки; птицы: лебеди, утки, гуси, цапли, пеликаны, кулики, чайки, крачки, фламинго, лысухи, поганки; растительность: занесённая в Красную книгу, водная, тростники.

Указанные биоресурсы имеют высокую и среднюю чувствительность. Например, высокая чувствительность для тюленей подразумевает размножение, линьку на островах и льдинах; для рыб - нерест и миграцию в тростниковой зоне, на мелководье и в дельтах; для птиц - размножение, гнездование, линьку в тростниках, болотах и заливах; для тростника, водной растительности и растительности, занесенной в Красную книгу - стадию зрелости.

Под средней чувствительностью понимается следующее: для тюленей - высокая численность; для бентоса - весенний пик; для рыб - высокая численность; для птиц - гнездование, линька, миграция; для растительности - стадия зрелости.

Предложен критерий зонирования  $n$ -го района  $K_{zn}$ , представляющий собой число, выраженное в сумме процентов от общего числа бионтов, т.е. от 18, и от числа месяцев в году (табл.).

$$K_{zn} = \left( \frac{N_b}{18} + \frac{N_m}{12} \right) \cdot 100\%,$$

где  $N_b$  - количество биокomпонентов, обитающих в  $n$ -ом районе,  $N_m$  - количество месяцев с высокой и средней чувствительностью в  $n$ -ом районе.

Наибольший критерий зонирования равен 200 % и соответствует тому состоянию окружающей среды, когда все 18 биокomпонентов имеют высокую чувствительность в течение всего года.

Оказалось, что в первом и третьем районах, расположенных на взморьях дельт, критерий зонирования наибольший и равен 172 %. Так, в первом и в третьем районах обитают из 18 бионтов 13, и в течение всего года они имеют высокую и среднюю чувствительность. Эти районы, со-

Таблица

Зонирование заповедной зоны Северной части казахстанского сектора Каспийского моря по районам

Район	Биокомпоненты		Месяцы высокой и средней чувствительности		$K_{зн}$ , %	Районы с заповедным режимом, $200 > K_{зн} > 170$	Районы с заказным режимом, $170 > K_{зн} > 130$	Районы с регулируемым режимом, $130 > K_{зн} > 90$
	$N_b$	% от 18	$N_m$	% от 12				
1	13	72	12	100	172	1		
2	11	61	12	100	161		2	
3	13	72	12	100	172	3		
4	13	72	9	75	147		4	
5	15	83	9	75	158		5	
6	10	56	8	67	123			6
7	9	50	9	75	125			7
8	8	44	10	83	127			8
9	8	44	12	100	144		9	
10	7	39	7	58	97			10

гласно предложенному критерию, относятся к районам с заповедным режимом (с полным запретом на хозяйственную деятельность).

Второй, четвертый, пятый и девятый районы имеют критерий зонирования не менее 130 %, т.е. в этих районах имеется некоторая возможность проведения хозяйственной деятельности с наименьшим ущербом для биоресурсов. Такие районы характеризуются заказным режимом (с сезонными ограничениями хозяйственной деятельности). Используя эти критерии для каждого района заказного режима, можно выбрать сезоны, с низкой чувствительностью биоресурсов. Например, в междуречье Урала и Эмбы, только в январе, феврале и ноябре не будет нанесен большой ущерб бионтам, обитающим в этом районе. В июле, августе, сентябре и октябре из-за хозяйственной деятельности могут незначительно пострадать птицы, а в декабре – тюлени. В Уральской Бороздине выделен девятый район, характеризующийся заказным режимом. Здесь для сохранения каспийского тюленя с ноября по март должна быть запрещена любая хозяйственная деятельность. Три района (6,7,8) расположены вдоль залива Комсомолец и полуострова Бузачи. Они, согласно критерию зонирования, могут иметь регулируемый режим (с ограничениями на хозяйственную деятельность). Также можно выбрать месяцы с наименьшим, средним и наибольшим ущербом биоресурсам из-за хозяйственной деятельности. Так, например, в шестом районе в июле и августе больше всего могут пострадать кильки, а в седьмом и восьмом районах в апреле и мае – тюлени. В районе порта Баутино (10 район) не отмечены месяцы высокой чувствительности. Этот район имеет наименьший критерий зонирования, равный 97 %.

Вся остальная заповедная часть казахстанского сектора Каспийского моря слабо изучена. По имеющимся материалам в этой части моря фиксируется низкая и незначительная чувствительность биоресурсов.

Из 18 бионтов, выбранных в качестве базовых для выполнения зонирования с целью их максимального сохранения, наиболее ценными являются осетровые, лебеди, цапли, пеликаны, фламинго, тюлени, а также растительность, занесенная в Красную книгу. В районах с заказным и регулируемым режимами хозяйственная деятельность должна быть запрещена в сезоны, когда указанные бионты имеют высокую чувствительность.

Предложенное зонирование ориентировано на сохранение биокомпонентов природной среды, имеющих решающее значение для функционирования северной части Каспия, и может быть использовано для разра-



ботки правового документа по ограничению хозяйственной деятельности в пределах выделенных районов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каспийское море у берегов Казахстана / под редакцией Т.К. Кудекова.- Алматы.- 2000.- 24 с.
2. Постановление Кабинета Министров РК N936 «О производстве геофизических исследований» от 23 сентября 1993 г.
3. Постановление Правительства РК N1087 «Об утверждении специальных экологических требований в государственной заповедной зоне в северной части Каспийского моря» от 11 июля 1999 г.
4. Проект разведочного бурения на Северном Каспии. Том 7. ОВОС. – Отчет ОКИОК.-1998.- 150 с.
5. Шиварева С.П. Особенности гидрометеорологического режима Каспийского моря вдоль казахстанского побережья / Гидрометеорология и экология. N 1. 1995.- С. 39-57.
6. Шиварева С.П., Ивкина Н.И., Стросва Т.П. Создание модели предупреждения экологических кризисов в период стонно-нагонных явлений на казахстанском побережье Каспийского моря // Промышленная экология и охрана водных экосистем: Сборник статей конференции.- 1997.- С.43-49.

Республиканское государственное предприятие «Казгидромет»

### **КАСПИЙ ТЕНІЗІНІҢ КАЗАҚСТАНДЫҚ СЕКТОРЫНЫҢ АУМАҒЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ АЙМАҚТАРҒА БӨЛУ ҚАҒИДАЛАРЫ**

Геол.-мин. ғылымд. канд.	Т.К. Кедеков
Техн. ғылымд. канд.	С.П. Шиварева
Геогр. ғылымд. канд.	Н.И. Ивкина

*Мақалада Каспий маңындағы аймақтың қоршаған ортасын қорғауға, қалпына келтіруге, сақтауға және тұрақты пайдалануға бағытталған аумақты аймақтарға бөлу кезінде қолданылатын геоэкологиялық әдістің негізгі қағидалары қарастырылған.*

УДК 502.7

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИНЦИПА ЭКОЛОГИЗАЦИИ  
МЕЛИОРАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

Доктор. техн. наук

Ж.С. Мустафасв

*На основе законов и принципов природопользования предложена методология экологизации мелиорации сельскохозяйственных земель обеспечивающую сбалансированное использование природных ресурсов и сохранение экологического равновесия.*

Разработка методологических проблем в природопользовании, в том числе и мелиорации сельскохозяйственных земель, является одной из важнейших предпосылок для успешного решения практических и теоретических задач в любой сфере деятельности человека при использовании природных ресурсов, так как в значительной мере их эффективность во многом зависит от правильности выбора методологии. Многовековой опыт использования природных ресурсов в различных странах мира была в краткой форме изложена в виде законов и принципов природопользования [20], что в настоящее время дает возможность сформировать методологические основы принципа экологизации мелиорации сельскохозяйственных земель. Так как, мелиорация сельскохозяйственных земель – это, во-первых, деятельность по оптимизации природной среды в целях улучшения неблагоприятных природных условий с целью наиболее эффективного использования природных ресурсов в соответствии с потребностями агроландшафтов с одной стороны и другой – целенаправленного регулирования почвообразовательного процесса в соответствии с законами эволюции и, во-вторых, это наука о явлениях, процессах и результатах этой деятельности, которая развивается на стыке двух наук – географической и мелиоративной [12]. В его основе - признание: открытость, то есть возможность существования природной системы только при наличии постоянного обмена веществ и энергии с окружающей средой; целостность – взаимосвязь и взаимообусловленность отдельных компонентов природной системы; функционирование – процессы массо - и энергопереноса, как внутри природной систем, так и между сопряженными системами; динамика - способность природной системы восстановить свои свойства при

кратковременных воздействиях; устойчивость – способность природной системы сохранять структуру при изменяющихся внешних, в том числе антропогенных воздействиях; эволюция – необратимое изменение природной системы, связанное с изменением их структуры или отдельных компонентов.

### **Экологическое обоснование целей и задач мелиорации сельскохозяйственных земель**

Для правильного понимания целей и задач использования природных ресурсов и природообустройства, при мелиорации сельскохозяйственных земель, надо точно определить систему ценностей и обозначить объект воздействия. Система ценностей, как известно, складывается из представлений и социальных установок людей о значении в их жизни предметов и явлений из мира природы и общества, служащая критерием при оценке и выборе решения. Такими ценностями в настоящее время в природопользовании и природообустройстве, является человек и среда его обитания, а объектом воздействия – почва, как основная составная часть биосферы ландшафта в целом и как основное средство и предмет труда в производстве.

Использование почвы, как объекта, на которую непосредственно воздействует мелиорация, позволяет целенаправленно регулировать и управлять почвообразовательными процессами и получить совокупность знаний о деятельностно-природных процессах, раскрыть причинно-следственные связи и соотнести энергию мелиоративных воздействий с энергией, полученной почвами за весь период их исторического развития.

При такой постановке проблемы мелиорация сельскохозяйственных земель и принцип оптимизации природного процесса, которые объединяют три элемента основного объективного мелиоративного отношения: требования растений, свойства среды обитания растений, отношение согласования свойств среды с требованиями растений, требует необходимости формирования нового уровня фундаментальных теоретических исследований на следующих критериях природопользования [15]:

- постановка в основу преобразований природной среды требований почв с направленным регулированием почвообразовательного процесса;

- использование законов природы при оценке изменения природных процессов в результате мелиоративного воздействия;

- функционирование мелиоративного технологического комплекса, как единой организованной структуры, состоящей из ряда взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов.

В этом случае при мелиорации сельскохозяйственных земель исследование проблем взаимоотношения человека с природой состоит в том, что охрану природной среды и ее использование необходимо рассматривать как единую проблему рационального природопользования и природообустройства, смысл которой заключается в повышении экологического, энергетического и производственного потенциалов природных систем.

### **Методологические основы мелиорации сельскохозяйственных земель**

Многоплановость проблемы мелиорации сельскохозяйственных земель, обуславливает необходимость пересмотра методологической основы мелиоративной науки, с целью развития экологически безопасного орошения и соблюдения требований рационального природопользования – расширение воспроизводства плодородия почв, улучшение качества элементов окружающей среды, предотвращение их загрязнения и истощения.

Существенная роль в решении сложных природных проблем в области природопользования должна отводиться методологии системного исследования в сфере науки мелиорации и экологии, опирающейся на почвенно-экологические (В.Х. Хачатурьян [25], Ж.С. Мустафаев [14]), ландшафтные (А.И. Голованов [5], С.И. Кошкарков [11]) и ландшафтноэкологические (А.В. Кологанов, В.Н. Щедрин, Г.А. Сенчуков, А.А. Бурдун [9]) принципы мелиорации сельскохозяйственных земель, на основе которого положена геосистемный подход, рассматривающий природную среду как единую организованную структуру (ландшафт), состоящую из ряда взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов – приземного слоя атмосферы, почвы, растительности, горных пород, подземных и поверхностных вод (А.Г. Исаченко [8], А.И. Голованов [5]), учение Докучаева-Вильямса-Костякова о генезисе и мелиорации почв, как особого природного тела и Докучаева-Григорьева-Будыко о законе эволюции и географической зональности почв, В.Р. Волобуева [4] - энергия почвообразования, модель деятельности-природной системы (ДПС) В.Х. Хачатурьяна и И.П. Айдарова [24], базирующаяся на деятельностном (Г.П. Щедровцкий [26]) и экосистемном (В.С. Перображенский, Г.П. Александров, Т.П. Купрянов [19]) подходах к оценке преобразующей среды, в которых все протекающие процессы рассматриваются через призму конкретной антропогенной деятельности, а также с использованием принципа

обоснования экологически допустимых норм техногенных нагрузок в ландшафте (И.П. Айдаров [1]; Ж.С. Мустафаев [14]; Г.А. Сенчуков, Л.Г. Дудникова, О.Е. Бондоренко, Ю.А. Марков [22]), составляющих основу экологизированных технологий орошения сельскохозяйственных культур, позволяет обеспечить энергетическую сбалансированность тепла, влаги и питательных веществ с учетом природных режимов, что может быть использована при проведении исследований по разработке адаптивного мелиоративного режима почвы при реконструкции техногенных нарушенных агроландшафтов.

### **Принцип создания материально-вещественной среды мелиорации сельскохозяйственных земель**

Материально-вещественная среда орошаемых земель – это сложный комплекс природных, технических и земледельческих объектов и процессов, объединенных одной технологической задачей – целенаправленного регулирования почвообразовательного процесса почвы. Компонентом или структурным составом материально-вещественной среды орошаемых земель в мире природы являются атмосфера, вода, растения и почва, а в мире человеческой деятельности – мелиоративная система – комплекс инженерно-технических сооружений, предназначенных для направленного воздействия человека на среду в системе «вода – почва – растение – атмосфера» с целенаправленным регулированием и управлением почвообразовательного процесса на орошаемых землях.

Подсистема материально-вещественной среды орошаемых земель – почва, растение и вода, которые служат проводником воздействия человека на природу, превращая компоненты почвы и энергию солнца в органическое вещество сельскохозяйственной продукции, относится к управляемым, на которую в значительной степени могут влиять интенсивность развития природных процессов в результате антропогенной деятельности. Поэтому, инженерно-техническая часть материально-вещественной среды орошаемых земель, должна обеспечить в разумном пределе дозирование мелиоративных мероприятий и регулирование их воздействия на природную среду, а экологические ограничения должны соответствовать требованиям почвообразовательного процесса [12]. Именно с этих позиций представляется необходимым определить параметры экологически безопасной мелиоративной системы в конкретных ландшафтно-географических зонах, обеспечивающих экологический баланс природной системы, который обеспечивает баланс материально-энергетических со-

ставляющих агроландшафтов. При этом параметры мелиоративных систем и режимов их функционирования наряду с другими антропогенными нагрузками природной системы должны обеспечить природно-антропогенное равновесие, позволяющий получить необходимый эколого-социально-экономический эффект.

При этом принцип создания материально-вещественной среды орошаемых земель должна ориентироваться на новое отношение к природной среде при осуществлении мелиорации сельскохозяйственных земель, основанное на понимании того, что первостепенное значение имеет экологическая устойчивость природной системы, достигаемая путем обеспечения допустимых отклонений от динамически равновесно функционирующих потоков энергии, воды, химических и питательных элементов на всех иерархических уровнях ландшафта в результате антропогенной деятельности человека.

### **Принцип ландшафтно-экологического районирования**

Современное представление или понимание о типах природной системы сложилось по мере развития науки естествознания и мыслительности человека. С помощью понятий познается сущность явлений и процессов, которые происходят в результате человеческой деятельности, обобщаются и систематизируются их существенные признаки. По этому на основу принципа ландшафтно-экологического районирования лежит систематика природной системы, которая решается с помощью системы таксономических единиц, или уровней рассмотрения.

Географические таксономические единицы (таксоны) – это классификационные, или систематические единицы, показывающие зоны, ландшафты или место, с одинаковыми признаками в природной системе, дающие степень детальности или точность их определения, для установления экологически допустимых техногенных нагрузок в результате человеческой деятельности.

В мелиорации сельскохозяйственных земель таксономические единицы – это последовательно соподчиненные систематические категории, открывающие объективно существующие в природе ландшафты. По этому, на основе принципа ландшафтно- и почвенно-экологическом районировании принят подход оценки продуктивности природных систем, которые реализуются с учетом соблюдения принципов и законов природы о зональных свойствах ландшафтов. На основе методологических принципов решений проблем природопользования и природообустройства можно

выделить таксономическую систему единиц ландшафтно-экологического районирования включающих: физико-географическое – для оценки потребности и необходимости сельскохозяйственной гидротехнической мелиорации; почвенно-экологическое – для оценки эволюционной направленности и интенсивности почвообразовательного процесса; эколого-мелиоративное – для обоснования экологически приемлемых, допустимых, безопасных и безотходных норм водопотребления орошаемых земель; почвенно-гидрогеохимическое – для оценки закономерности формирования и функционирования эволюционно развивающейся гидрогеохимической системы; почвенно-мелиоративное – для оценки устойчивости природных систем к мелиоративному воздействию и прогнозировать направленность почвенно-мелиоративных процессов на орошаемых землях; биоэнергетическое – для размещения производительных сил сельскохозяйственного производства и агропромышленного комплекса; экологическое – для оценки негативной реакции природной системы на антропогенную деятельность [19].

### **Принципы управления природными процессами**

Обустройство природных систем в результате антропогенной деятельности человека служит предпосылкой достижения некоторого природно-антропогенного равновесия в границах определенных физико-географических зон. При этом нарушается природное экологическое равновесие, сохранившееся за длительный период эволюционного развития, так как под влиянием техногенной деятельности человека изменяется отношение ландшафтно-экологических компонентов природной системы. Переход к новому природно-антропогенному равновесию требует, как правила значительных затрат энергии, для перхода к адаптивному режиму функционирования природной системы, который не допустит термодинамического разлада и затухания произведенных возмущений в ландшафтно-экологических системах. Это обстоятельство обязывает человека при преобразовании природных систем разработать принципы управления природными процессами.

Как известно, в системе природопользования принято различать два вида управления природными процессами в условиях антропогенной деятельности человека:

- жесткое – прямое или «командное» управление природными процессами и системами, на основе технического и техногенного воздействия.

сопровождающейся непосредственным вмешательством в природные процессы;

- мягкое — преимущественно на основе не прямых воздействий, с помощью природных механизмов саморегулирования, вызывающих желательные природные цепные реакции и обеспечивающие гармоничное сочетание технической составляющей агроландшафтов с природным ландшафтом, для наиболее полного использования естественного биологического потенциала природной системы.

Современные системы природопользования, в том числе мелиорация сельскохозяйственных земель, включающих различные методы, способы и технологии орошения, полива и промывки, и их технические средства, изначально ориентированы на жесткое управление природой. В результате во многих природных системах Центральной Азии сознательно трансформированных человеком, для выполнения тех или иных социально-экономических задач, образовались техногенно нарушенные природные системы, требующие реконструкции на качественно новом уровне управления, что позволило бы согласовать действие человека и процессы эволюции природы.

Таким образом, следует отметить, что сбалансированное природопользование может быть обеспечено, только на основе мягкого управления природной системы, с учетом предела использования природных ресурсов, чтобы не уничтожить свойство самоподдержания и саморегулирования естественного ландшафта. Заявленная позиция, может быть реализована в рамках разработки технологии орошения сельскохозяйственных культур на основе принципа энергетической сбалансированности тепла, влаги и питательных веществ, а технология промывки с учетом ритмических изменений природных режимов в вековом цикле [15]. В перспективе при мелиорации сельскохозяйственных земель выполнение совокупности перечисленных требований в сочетании с агротехникой и технологиями сельскохозяйственного производства, обеспечивает реализацию так называемой малоотходной технологии в системе природопользования.

### **Принципы приоритетности мелиорации сельскохозяйственных земель**

Приоритетность того или иного вида мелиорации для каждой природно-климатической зоны определяется климатическими, гидрогеологическими, почвенными, геохимическими, почвенно-мелиоративными и экологическими условиями ландшафта.



В природно-климатических зонах, где главным лимитирующим фактором возделывания сельскохозяйственных культур является дефицит влаги, требуется наиболее капиталоемкая и ресурсоемкая оросительная мелиорация. Современные требования мелиорации сельскохозяйственных земель и связанных с ними использования водных ресурсов для орошения, должны обеспечить повышение плодородия почвы, улучшение качества и экологической устойчивости природных зон, подразумевая под этим некоторое природно-антропогенное равновесие и устойчивое развитие сельскохозяйственного производства.

Прежде чем сформулировать принцип и экологические требования к режимам функционирования орошаемых земель, следует детально рассмотреть взаимосвязь между режимами орошения или промывки засоленных земель, если она есть в составе агроландшафта и соответствующим преобразованием природы, когда для увеличения биологической продуктивности природных комплексов целенаправленно изменяется сложившееся ранее экологическое равновесие. В этой связи необходимо обратить внимание, но одно важнейшее условие, которое практически не учитывается в мелиорации сельскохозяйственных земель. Так как, всякое преобразование природы не может носить произвольный характер, а всегда ограничено действием законов, совокупность которых образует свод фундаментальных положений экологии и природопользования. Значительная часть этих положений имеет самое прямое отношение к параметрам и режимам функционирования мелиоративных систем, которые рассматриваются - как природно-технические комплексы, а также мелиорация сельскохозяйственных земель - как особый вид природопользования.

Фундаментальное значение в отношении методологического подхода к мелиорации сельскохозяйственных земель имеет закон сохранения энергии, так как он рассматривает процесс влагообмена между деятельной поверхностью суши и воздухом без связи с процессом теплообмена. Как любой физический процесс изменений и превращений, процесс теплообмена в конкретной географической точке за известный промежуток времени характеризуется балансом прихода и расхода энергии, то есть законом сохранения энергии. Поэтому при обосновании мелиоративного режима орошаемых земель необходимо руководствоваться законом сохранения энергии, а обоснование режима орошения, в том числе экологически приемлемых норм нагрузок почвы, должны исходить из принципа энергетической сбалансированности тепла, влаги и питательных веществ с

учетом природных режимов. Для этой цели можно использовать комплексный гидротермический показатель ( $\bar{R}$ ), представляющий собой отношение радиационного баланса ( $R$ ) к затратам тепла на испарение выпавших осадков ( $LO_c$ ) [1, 13, 14, 22]. Этот показатель ( $\bar{R}$ ) характеризует баланс энергии и вещества и определяет интенсивность протекания биохимических и геохимических процессов на Земле и может быть положен в обоснование экологически приемлемых норм водопотребления почвы, обеспечивающий целенаправленное регулирование и управление почвообразовательными процессами соответственно законам эволюционного процесса в природных системах.

Принцип создания или разработки экологически безопасной и безотходной технологии и техники полива, а также проектирования мелиоративных систем должен быть направлен на улучшение гидротермического режима ( $\bar{R} \rightarrow 1,0$ ), ускорения биологического ( $\bar{B} \rightarrow \max, \bar{Q} \rightarrow \max$ ) и замедления геологического ( $g \rightarrow \min$ ) круговорота воды и химических веществ.

При освоении засоленных земель следует контролировать процесс преобразования природной среды с тем, чтобы не допустить в ней термодинамического разлада и обеспечить своевременное затухание произведенных возмущений в иерархии систем в процессе промывки, сопровождающийся большой техногенной нагрузкой в сравнении с амплитудой изменения естественного режима. В этом случае степень преобразования естественных ландшафтов под действием антропогенной деятельности человека может быть охарактеризована с помощью понятия «энтропия» - меры изменения упорядоченности системы.

### **Принцип учета динамических взаимосвязей ландшафтов**

Ландшафт как территориальное природное образование в условиях мелиорации сельскохозяйственных земель сознательно и целенаправленно трансформируется человеком для выполнения тех или иных социально-экономических функций. Изменения в структуре природных ландшафтов, вызванные хозяйственной деятельностью, приводят к формированию антропогенных ландшафтов или агроландшафтов, которые неустойчивы и поэтому необходима разработка комплекса управляющих мероприятий с целью оптимизации их функционирования.

Как известно, между отдельными ландшафтами, так и между структурами внутри каждого из них существует динамическая взаимосвязь посредством потоков вещества и энергии. Учет энерго – и массообмена позволяет оптимизировать объемы техногенных нагрузок при мелиорации сельскохозяйственных земель, прогнозировать возможные изменения в структуре водного и солевого балансов, наметить мероприятия, предупреждающие негативные их последствия как в пределах агроландшафта, так и на природных системах.

Мелиоративная система, как система геотехническая – это целое производство с определенной технологической линией, связанное с почвой. Поэтому, основным объектом воздействия и основным средством производства всегда является почва, которая в любом ранге ландшафта выступает в качестве основным связующим и стабилизирующим компонентом природной системы. Вследствие того, что почва находится на контакте трех среды: атмосферы, литосферы и гидросферы, здесь протекают биогеохимические реакции и превращения, характеризующиеся наибольшей активностью, многообразием и утонченной сложностью, а также происходит синтез соединений, нигде более не встречающихся. Кроме того, почвенный покров является аккумулятором и зачастую геохимическим барьером для разнообразных загрязнителей, поступающих в ландшафты в процессе антропогенной деятельности человека [23]. При этом человек фактически берет на себя регулирование процессов обмена и потоков веществ и энергии. Это регулирование должно быть «мягким», с применением экологически безопасных и безотходных технологий, которые воспроизводят естественные процессы функционирования природной системы. Решение подобных задач требует создания математической модели влаго-, тепло- и солепереноса, основанной на фундаментальных законах физики и механики сплошных сред, а также термодинамики засоленных почв.

В настоящее время разработаны на достаточном высоком уровне математические модели, для описания эволюционно развивающихся процессов в пространственно-временных масштабах, которые делятся на: детерминированные – с точным описанием процессов и, вероятностные или стохастические – в структуру которых входят случайные переменные; математические модели, описывающие движение воды и вещества гидрогеохимических потоков, основаны на учете в основном механических сил – силы тяжести, гидростатического давления, внешней нагрузки: теория массопереноса, физико-химической гидродинамики и фильтрационной

диффузии применительно к водоносным комплексам, приближающимся по масштабам к уровню бассейна; математические модели физико-химической гидродинамики в основном одномерные, которые состоят из дифференциальных уравнений, включающих в себя вынужденный перенос ионов и солей фильтрующимся потоком с учетом сохранения их массы, обменные реакции, сорбции, растворения, диффузии и гидродисперсии. В целом имеющиеся математические модели описывающие гидрогеохимический режим, на достаточно высоком уровне позволяют исследовать реакцию антропогенной деятельности человека на природную систему на длительную перспективу, в первую очередь - перераспределение водных и связанных с ними солевых потоков, для сохранения равновесия эволюционно развивающихся природных ритмов, а дальнейшее его совершенствование может быть реализовано на основе законов термодинамики [1; 14, 18, 21].

Но в перспективе также необходимо разработать математическую модель почвообразовательного процесса, образования, накопления и разложения почвенного гумуса, динамических имитационных моделей развития и роста сельскохозяйственных культур.

#### **Принцип учета устойчивости ландшафта в результате антропогенной деятельности**

В связи с изменившимся экологическим мышлением общества вопросы производства сельскохозяйственной продукции и экономической эффективности становятся равнозначными и даже иногда отступают на второй план по сравнению с экологическими. Все это требует повышенного внимания к проблемам сохранения и стабилизации природно-антропогенного и экологического равновесия или баланс для сохранения ресурсовоспроизводящей и средообразующей способности природной системы.

Экологический баланс природной системы – это материально-энергетические составляющие природной системы, такие как энергия, атмосфера, вода, почва, растения и животный мир. Как известно, баланс всегда выражается через количественные сочетания компонентов, обеспечивающие экологическое равновесие определенного типа, что, в свою очередь, служит предпосылкой формирования соответствующих природно-технических систем. К числу таких экологических проблем относятся: обоснование решений по рациональному или сбалансированному использованию природных ресурсов; совершенствование оценки экологической устойчивости природной системы в условиях антропогенной деятельности.

Задача выбора оптимального варианта комплекса природообразующих мероприятий является многокритериальной, так как решается при рассмотрении экологических, социальных и экономических аспектов проблемы. Причем требования экологии всегда вступают в противоречие с социальными и экономическими, а социальные с экономическими, то есть достижение оптимальных значений каждого из критериев возможно только в результате качественного и количественного ухудшения других.

Основным подходом к решению этих задач является функциональный подход, когда все компоненты природной системы рассматриваются, как единое целое. Математическую структуру описания модели природной системы можно составить, исходя из знания потоков веществ и энергии, поступающих в природную систему. Они должны быть исходными при решении задач об устойчивости природной системы, подверженной антропогенной деятельности.

Прежде всего, необходимо рассмотреть некоторые законы биологии, на принципе которых можно сформулировать, а затем решить поставленные задачи.

В биологии известны следующие принципиальные положения: принцип соответствия — конструкция организма соответствует внешней среде; принцип максимальной простоты — для устойчивых организмов конструкция его является для выполнения данных функций; принцип оптимальности — конструкция органа оптимальна по затратам материала на его построение и энергии его работы; принцип адекватности изменения — конструкция организма изменяется адекватно со средой; принцип биологического эпиморфизма — свойства различных организмов могут рассматриваться, как взаимно однозначные отображения, то есть множеству свойств одного организма могут быть поставлены в соответствие свойства другого.

Для построения математической модели устойчивости природной системы последний принцип представляется наиболее важным: он дает возможность использовать математический подход к описанию сходства между факторами природной среды.

Для расширения пространства поиска экологических и технических решений, необходимы экономические критерии, характеризующие экономическую устойчивость природной системы, а также обеспечивающие эквивалентные сопоставления экономических показателей природно-технической системы с разнородными природоохранными и социальными параметрами, еще не получившими экономической оценки.

На основе экологических критериев определяется уровень экологической безопасности природно-технического комплекса, а на основе экономических – эффективность использования ресурсов природной системы, технических – техническая нагрузка природной среды.

### **Принцип биоэнергетического повышения потребительской стоимости структур агроландшафта**

На этапах эволюционной истории Земли, развитие мелиорации сельскохозяйственных земель внесло качественное изменение в биоэнергетический баланс суши. В результате освоения пустынных зон для орошаемого земледелия произошло ускорение трансформации солнечной энергии в процессе фотосинтеза, что неизбежно привело к изменению энергетического баланса природной системы Земли.

Рассматривая проблему замещения пустынных экосистем культурными сельскохозяйственными растениями, можно предположить, что не все они окажутся равноценными с точки зрения накопления биоэнергетических ресурсов. С этой целью, была сделана попытка Ж.С. Мустафаевым и другими [17], сравнить биоэнергетические потенциалы разных сельскохозяйственных экосистем, для оценки эффективности их возделывания и районирования на орошаемых землях в различных природно-климатических зонах.

Рассмотрение проблемы оценки биоэнергетической эффективности использования водно-земельных ресурсов в условиях антропогенного воздействия на природную систему будет не полным, если не коснуться вопросов оптимизации природной системы при проектировании агроландшафта, то есть при возделывании сельскохозяйственных культур. При этом, биоэнергетическая оценка эффективности возделывания сельскохозяйственных культур при современном антропогенном давлении на природную среду должна включать не только экономические критерии, диктуемые хозяйственными нуждами, но и экологические, исключающие ухудшение природной среды или предусматривающие ее оздоровление, если среда нарушена или потеряла устойчивость в результате высоких техногенных нагрузок.

Основные принципы биоэнергетической оценки эффективности использования водно-земельных ресурсов при возделывании сельскохозяйственных культур и их районировании в каждой природной зоне, где проводится преобразование, состоят в сохранении экологического равновесия. При этом, надлежащий адаптированный мелиоративный режим и

технология орошения должны обеспечить возможные в каждой природной зоне и агроландшафте оптимальные геофизические, геохимические режимы и максимальную интенсивность почвообразовательного процесса, динамичную во времени для того или другого оптимального соотношения экосистемы, на основе сочетания и комплексного подхода использования природных ресурсов, включая ресурсы всех географических сфер.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель-М.; Агропромиздат, 1985.- 305 с.
2. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. Л., Гидрометеиздат, 1956.- 255 с.
3. Вильямс В.Р. Общее земледелие с основами почвоведение – М: Сельхозгиз, 1931.- 370 с.
4. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М., Наука, 1974.- 120 с.
5. Голованов А.И. Мелиорация ландшафтов //Мелиорация и водное хозяйство, 1993, №3.- с. 6-8.
6. Григорьев А.А. Закономерности строения и развития географической среды. М., 1966.
7. Докучаев В.В. Избранные труды. Под. Редакций акад. Б.Б. Польнова. – М., Изд-во АН СССР, 1949, - 643 с.
8. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М., Высшая школа, 1981.
9. Кологанов А.В., Щедрин В.Н., Сенчуков Г.А., Бурдун А.А. Принципы ландшафтно-экологического подхода к мелиорации земель //Мелиорация и водное хозяйство, 2000, №5.- с. 12-16.
10. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М., Сельхозгиз, 1960. – 622 с.
11. Кошкараров С.И. Обоснование эколого-мелиоративного режима ландшафтов низовья реки Сырдарьи //Автореферат дисс. д.т. наук. М., 1997.- 45 с.
12. Мустафаев Ж.С. Материально-вещественная среда орошаемых земель //Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы гидрометеорологии и экологии», Алматы, 2001.- с.228-232.
13. Мустафаев Ж.С. и др. Математическое моделирование формирования и функционирования водохозяйственных систем. Тараз, 2000.- 125 с.
14. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане //Автореферат дисс. д.т. наук, М., 1992.-50 с.
15. Мустафаев Ж.С. Проблемы методологии системного исследования в области мелиорации //Гидрометеорология и экология, №2, 1999.- с. 182-189.

16. Мустафаев Ж.С., Садыков С.С. Гидротермический режим орошаемых земель (Аналитический обзор), Жамбыл, 1996. - 76 с.
17. Мустафаев Ж.С., Умирзаков С.И., Шегенбаев А.Т., Сейдулаев М.А. Экологическое обоснование безотходных технологий утилизации городских стоков в системе водоснабжения и водоотведения (Аналитический обзор), Тараз, 2001. - 68 с.
18. Парфелова Н.И., Решеткина Н.М. Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель. Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 1995. - 360 с.
19. Преображенский В.С., Александров Т.Д., Купрянов Т.П. Основы ландшафтного анализа. М., Наука. 1988. - 191 с.
20. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. - М., Мысль, 1990.
21. Рекс Л.М. Системные исследования мелиоративных процессов и систем. М., 1995. - 192 с.
22. Сенчуков Г.А., Дудников Л.Г., Бондоренко О.Е., Марков Ю.А. Методика обоснования экологических норм водопотребности сельскохозяйственных угодий //Мелиорация и водное хозяйство, М., 1995, №6. - с. 23-33.
23. Телицын В.Л. Концептуальная модель мелиорируемых земель //Мелиорация и водное хозяйство, М., 1995, №4. - с. 21-23.
24. Хачатурьян В.Х., Айдаров И.П. Концепции улучшения экологической и мелиоративной ситуации в бассейне Аральского моря //Мелиорация и водное хозяйство, М., 1990, №12.- с. 5-12; 1991, №1. - с. 2-9.
25. Хачатурьян В.Х. Обоснование сельскохозяйственной мелиорации с экологических позиций //Вестник сельскохозяйственной науки, М., 1990, №5.- с. 43-48.
26. Щедровицкий Г.П. Деятельностно-природная система //Человек и природа, М., Знание, 1987, №12.- с. 13-69.

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати

## **ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТУРҒЫДЫҢ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ЖЕРЛЕРДІ МЕЛИОРАЦИЯЛАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗІНІҢ ҚАҒИДАСЫ**

Техн. ғылым докторы            Ж. С. Мұстафаев

*Табиғи қорды пайдаланудың заңдылықтарының және қағидаларының негізінде, ауылшаруашылық жерлерді мелиорациялау кезінде оның пайдалану экологиялық тепе-теңдікті қамтамасыз ететін әдістемелік нұсқасы ұсынылған.*



УДК 556.18

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК**

Доктор техн. наук

Ж.С. Мустафаев

Канд. техн. наук

С.Р. Ибатуллин

К.Б. Койбагарова

*В работе рассмотрены вопросы ценообразования и методика по определению тарифов на воду при использовании водных ресурсов трансграничных рек.*

В последнее время рациональное использование водных ресурсов трансграничных рек Центральной Азии стала острой проблемой [1, 2]. В конце 20 и начале 21 века проблемы трансграничных рек приобретают особую актуальность не только с точки зрения сохранения и восстановления экологической системы и обеспечения отраслей народного хозяйства водными ресурсами, но и, в первую очередь, обеспечение безопасности населения на фоне интенсивного ухудшения качества транзитного стока. Развитие промышленности, сельского хозяйства и урбанизация, наряду с ростом численности населения государств Центральной Азии, закономерно обострили как количественную, так и качественную стороны этой проблемы и обусловили необходимость интенсификации деятельности, направленной на сбалансированное использование водных ресурсов трансграничных рек, для предотвращения возможных кризисных ситуаций и обострения межнациональных отношений. Поэтому проблема использования водных ресурсов трансграничных рек, особенно Центральной Азии, требует разработки эколого-экономических принципов, стратегии и концепции межгосударственного вододелиения, методологические механизмы их реализации, обеспечивающие сохранение и восстановление экологических условий бассейнов рек, а также безопасность и права населения, живущего здесь веками.

История развития производительных сил государств Центральной Азии, основанной на командно-административной системе в период 1925-1990 годах, показывает, что их географическое размещение и темп роста, а

также их экономический потенциал всегда был тесно связан с дешевыми и определенными запасами поверхностных вод [3 - 5].

При этом концепция вододеления между государствами Центральной Азии полностью исключала природоохранный транзитный сток трансграничных рек, обеспечивающий в низовьях рек экологическое равновесие и сохранение озерных систем. Весь объем свежей речной воды Центральной Азии был использован для развития орошаемого земледелия в горных и предгорных зонах, а водопотребители в низовьях реки, в связи с образованием дефицита водных ресурсов, в основном ограничивались использованием дренажных и сточных вод с низким качеством.

При использовании водных ресурсов Центральной Азии для развития производительных сил не был учтен режим амплитуды природных ритмов стока рек и уровня озер, что практически привело к гибели Аральского моря и критическому положению в его низовьях. Произошло это экологическое событие, когда человечество переходило через "запретную черту" использования водных ресурсов и полностью исключило озерные и экологические системы в низовьях реки из списка водопотребителей.

Экологический кризис, родившийся в XX веке в Центральной Азии - это кризис естественнонаучного мировоззрения, появившийся на основе глубокого рассогласования позиций государственных деятелей и научных работников, продолжающийся и на пороге XXI века. Речь идет о новом самоопределении человечества ради сохранения экологического равновесия при использовании природных ресурсов, так как человек стал не только крупнейшей геологической силой на планете [8], но стал одновременно творцом самого себя и своей среды обитания [1].

Поэтому при решении вопросов межгосударственного распределения водных ресурсов известный интерес может представлять международная практика регулирования использования пограничных рек, включая реки, которые начинаются в одной стране и текут по территории другой страны. Наиболее известно Хельсинское правило использования воды международного значения (1966), подготовленное Ассоциацией международного права [3]. Этот документ исходит из права каждого государства на "разумную и справедливую" долю стока, основанной на принципах "не навреди" и "приоритета прежнего использования", с учетом необходимости удовлетворения экономических и социальных потребностей в воде. При определении указанной доли принимаются во внимание водосборная площадь государства, его экономические и социальные нужды, стоимость

альтернативных средств удовлетворения потребностей в воде, возможность осуществления компенсационных мероприятий и т.д.

В концепции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 1992) говорится, что "управление водными ресурсами осуществляется таким образом, чтобы потребности нынешнего поколения удовлетворились без ущерба для возможности будущих поколений удовлетворить свои собственные потребности" [1]. Осознание общности и нового единства всех живущих на планете, которое должно зиждиться на силе разума, на гуманизме и высочайшем чувстве ответственности перед будущим, при межгосударственном вододелении водных ресурсов трансграничных рек, в первую очередь должны решаться экологические и социальные проблемы, препятствующие в настоящее время продвижению всех нас к гармонии с природой.

Природная вода, формирующаяся в бассейнах реки и пересекающая территории нескольких государств, всегда считалась достоянием и богатством народов, живущих в этом регионе. Поэтому при использовании водных ресурсов трансграничных рек необходимо учитывать права каждого народа и нации, живущих на этой территории, для достижения устойчивого развития собственной экономики на современном этапе и с учетом потребностей будущих поколений, не ущемляя их национального развития и благосостояния.

Таким образом, при использовании водных ресурсов трансграничных рек для сохранения экологического равновесия и обеспечения социальных нужд населения в низовьях рек, так называемый "санитарный пропуск" не должен быть менее 30 % от минимальных расходов или амплитуд 30-40 - летних природных ритмов водотока [4, 5], то есть:

$$Q_{cl} = (0,25...0,30) \cdot Q_{min}, \quad (1)$$

или

$$Q_{cl} = \Delta Q_i, \quad (2)$$

где  $Q_{cl}$  - не изымаемый расход реки, обеспечивающий сохранение экологического равновесия, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{min}$  - минимальный расход реки 30-40- летних природных ритмов, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta Q_i$  - расход реки, соответствующий амплитуде 30-40-летних природных ритмов, м<sup>3</sup>/с.

Экологический пропуск в низовья реки сегодня должен быть не какой-то обособленной формой восприятия человеком реальности, а системой взглядов на внешний мир, где наряду с философскими, научными,

политическими, нравственными, эстетическими и другими ценностями, присутствуют и экологические ценности, предусматривающие настоятельную необходимость бережного отношения к природе, в интересах не только живущих, но и будущих поколений, для которых природа останется таким же источником материальных ресурсов.

Если принять во внимание экологические принципы использования водных ресурсов трансграничных рек, тогда объем стока и расход воды в реке, который может быть использован для развития производительных сил будет равен:

$$Q_{av} = Q_l - Q_{cl}, \quad (3)$$

где  $Q_l$  - среднемноголетний расход воды рек,  $m^3/c$ ;  $Q_{cl}$  - расход воды рек, которые могут быть использованы для развития производительных сил в бассейне рек,  $m^3/c$ .

При разработке порядка деления стока межгосударственной или трансграничной реки, причитающийся каждому государству объем воды (или доли стока) должен строго привязываться к определенному сезону и месяцу.

На основе принципа равного и справедливого использования водных ресурсов можно определить объем или расход воды, выделенный для каждого государства, расположенного в бассейне рек:

$$Q_{ni} = a_{ni} \cdot Q_{av} \quad (4)$$

или

$$W_{ni} = \alpha_{ni} \cdot W_{av} = 86,4 \cdot \alpha_{ni} \cdot Q_{av} \cdot T, \quad (5)$$

где  $Q_{ni}$  - расход воды, выделенный для каждого государства по месяцам,  $m^3/c$ ;  $a_{ni}$  - доля расхода воды выделенная для каждого государства;  $W_{ni}$  - объем стока, выделенный для каждого государства по месяцам, тыс.  $m^3$ ;  $T$  - время, сутки.

Объем стока, выделенного для каждого государства, состоит из двух частей: продуктивный объем воды, которые формируется за вегетационный период ( $W_{ni}^A = 86,4 \cdot \alpha_{ni} \cdot Q_{av} \cdot T_n$ , где  $T_n$  - продолжительность вегетационного периода, сутки) и полезный объем стока, которые формируется в невегетационный период ( $W_{ni}^B = 86,4 \cdot \alpha_{ni} \cdot Q_{av} \cdot T_n$ , где  $T_n$  - продолжительность невегетационного периода, сутки).

Доля расхода воды, выделенного для каждого государства ( $u_n$ ) можно определить на основе принципа равного и справедливого использования водных ресурсов. Тем самым закрепляется право каждого государства получить нужный ему объем в нужное для него время в соответствии с правилами пользования водами международных рек (Хельсинки, 1996), где закреплено, что "каждое государство бассейна имеет право в пределах своей территории на разумное и равноправное участие в полезном использовании воды международного водосборного бассейна".

При этом, в естественном гидрологическом режиме водотока, не исключен случай, когда в отдельные периоды в нижний пояс реки будет поступать воды больше, чем это предусмотрено правилами межгосударственного водodelения, и не будет продуктивно использоваться для нужд хозяйственной деятельности.

На основе межгосударственных договоров, за счет регулирования стоков рек, весь сток невегетационных периодов может аккумулируется в водохранилищах. Этот объем стоков передается тем государствам, на территории которых они построены, с правами продажи как природного ресурса, согласно установленным нормам и графикам. В таком случае покупателями воды из водохранилища должны быть компоненты водохозяйственного комплекса.

Государство, где построены и функционируют ряд водохранилищ межгосударственного значения, осуществляющие накопление, регулирование и подачу водных ресурсов трансграничных водотоков в сопредельные государства, имеет право возместить эксплуатационные затраты, рассчитанные по нормативам отчислений на текущий ремонт и амортизацию, затраты на создание страхового фонда для маловодных периодов и материальных ресурсов для ликвидации аварийных ситуаций, нормативную прибыль. В связи с этим возникает вопрос об установлении реализационной стоимости воды и о характере оплаты воды, используемой отдельными компонентами, то есть ирригацией и гидроэнергетикой.

При этом, разработка методики расчета тарифной ставки на воду должна базироваться на затратно-нормативном принципе, когда основными ценсообразующими элементами являются фактические эксплуатационные затраты, израсходованные для накопления и регулирования объемов воды в невегетационный период, без учета экологического пропуска в низовьях реки. Тарифная ставка на воду состоит из двух частей:

- тариф на воду как природный ресурс, для компенсации эксплуатационных затрат, израсходованных при накоплении и регулировании режима работы водохранилища ( $C_{np}$ );

- тариф за эксплуатационные услуги водохозяйственных организаций в подаче воды водопотребителям ( $C_y$ ).

Тариф на воду как природный ресурсы определяется простым делением суммарных эксплуатационных затрат на объем воды, накопленный в невегетационный период в водохранилищах:

$$C_{np} = \frac{\sum \mathcal{E}_i}{\sum W_i} \quad (6)$$

где  $\sum \mathcal{E}_i$  - суммарные годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающий нормальный режим работы водохранилища, тенге, сом, доллар;  $\sum W_i$  - суммарный объем воды, накопленный в водохранилищах за невегетационный период, тыс. м<sup>3</sup>.

Строительство водохранилища, с одной стороны приводит к затоплению и подтоплению земель, с другой – в низовьях рек происходит опустынивание в связи с зарегулированием стока реки, сопровождающееся ежегодным ущербом, что необходимо учитывать при определении тарифа на воду:

$$C_{np} = \frac{\sum \mathcal{E}_i + (Y_{зп} - Y_{оп})}{\sum W_i} \quad (7)$$

где  $Y_{зп}$  - ущерб, получаемый при строительстве водохранилища в связи с затоплением и подтоплением земель, тенге, сом, доллар;  $Y_{оп}$  - ущерб, получаемый от опустынивания в связи с зарегулированием стока реки, тенге, сом, доллар.

Таким образом, выражение (7) определяет реализационную стоимость 1 м<sup>3</sup> воды, используемого компонентами водохозяйственного комплекса. Если водохранилище имеет комплексные или многоцелевые задачи, то есть для целей ирригации и гидроэнергетики, тогда суммарные годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающий нормальный режим работы водохранилища должны быть распределены между участниками водохозяйственного комплекса. Однако, при выработке электроэнергии важным является не только объем, но и напор, с каким эта вода подается к гидроагрегатам [6]. При такой поста-

новке задачи определение стоимости 1 м<sup>3</sup> воды использованный для выработки энергии гидроагрегатами, можно определить разделив реализационную стоимость 1 м<sup>3</sup> воды, как природного ресурса ( $C_{np}$ ), на величину среднего напора водохранилища ( $H_{cp}$ ):

$$C_{гг}^* = \beta \cdot \frac{C_{np} \cdot H_{ф}^t}{H_{cp}} \quad (8)$$

где  $H_{ф}^t$  – фактический напор гидроагрегата за период  $t$ ;  $\beta$  - коэффициент, характеризующий распределение платы за использование воды между компонентами водохозяйственного комплекса.

Коэффициент, характеризующий распределение платы за использование воды между компонентами водохозяйственного комплекса, то есть между гидроэнергетикой и ирригацией, определяется в зависимости от стоимости валового дохода:

$$\beta = \frac{D_g}{D_g + D_n} \quad (9)$$

где  $D_g$  - стоимость валового дохода от реализационной стоимости воды для гидроэнергетики;  $D_n$  - стоимость валового дохода от реализационной стоимости воды для сельского хозяйства.

Как видно из выражений (9), экономическая эффективность каждого компонента водохозяйственного комплекса, (гидроэнергетики и сельского хозяйства) должна определяться с учетом стоимости объема реализуемой или используемой воды из водохранилища

В этих условиях тариф на воду как природный ресурс для отраслей сельского хозяйства рассчитывается по формуле:

$$C_{гг}^* = 1 - \beta \frac{H_{ф}^t}{H_{cp}} \quad (10)$$

Как видно из выражений (8) и (10), когда  $H_{ф}^t < H_{cp}$ , стоимость 1 м<sup>3</sup> воды в гидроэнергетике уменьшается. Это справедливо, поскольку тот же объем воды обладает меньшей энергией, а при  $H_{ф}^t > H_{cp}$  наоборот увеличивается, следовательно для гидроэнергетики большой интерес представляет напор в водохранилище, что способствует поддержанию уровня воды в водохранилищах на высоких отметках.

При этом сопредельное государство, расположенное в бассейне трансграничных рек будет закупать электроэнергию, выработанную комплексным или многоцелевым водохранилищем в пределах полезного объема стока, который формируется за паводочный период, в счет их доли, можно получить воду на льготных условиях

$$C_{\text{вп}} = \frac{\sum \mathcal{E}_i + (Y_{\text{цп}} - Y_{\text{ц0}})}{\sum W_i + \mu \cdot W_{\text{в}}^h} \left( 1 - \beta \frac{H_{\text{в}}'}{H_{\text{вп}}} \right), \quad (11)$$

где  $\mu$  - коэффициент, учитывающий совместное использование производственных ресурсов водохранилища, то есть  $\mu = \mathcal{E}_{\text{в}}^n / \mathcal{E}_{\text{в}}$ ;  $\mathcal{E}_{\text{в}}$  - выработка электроэнергии комплексным водохранилищем, млрд. кВт ч;  $\mathcal{E}_{\text{в}}^n$  - приобретенный объем электроэнергии сопредельными государствами от выработки электроэнергии комплексным водохранилищем, млрд. кВт ч.

Суммарные годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающие режим работы водохранилища, равны [2]:

$$\mathcal{E}_i = [Z_0 + K_{\text{вос}} \cdot (a_1 + a_2 + a_3)] \cdot \frac{N_i}{\sum N_i} \cdot P_i, \quad (12)$$

где  $Z_0$  - годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающие режим работы водохранилища, тенге, сом, доллар;  $K_{\text{вос}}$  - восстановительная стоимость основных производственных фондов водохозяйственной организации, занимающийся режимами работы водохранилища, тенге, сом, доллар;  $a_1, a_2, a_3$  - соответственно норма отчислений на текущий, капитальный ремонт и на реновацию;  $N_i, \sum N_i$  - соответственно численность работников водохозяйственной организации, занимающихся режимами работы водохранилища и общая сумма численности в расчетный год, чел.;  $P_i$  - норматив условной прибыли водохозяйственной организации.

Тариф за услуги эксплуатационных водохозяйственных организаций (ЭВО), обеспечивающих подачу воды в пределах установленного лимита в точках водовыделов, с учетом продуктивности орошаемых земель определяется по формуле:

$$C_{\text{в}} = \frac{[Z_{\text{в}} + K_{\text{вос}}^{\text{в}} (a_1 + a_2 + a_3)] \cdot P_{\text{в}}}{W_{\text{в}} + W_{\text{р}}}, \quad (13)$$



где  $\mathcal{E}_g$  - годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, тенге;  $K_{вос}$  - восстановительная стоимость основных производственных фондов ЭВО, тенге;  $W_g = \alpha_g \cdot W_{гн}$  - объем воды, получаемый водохозяйственной организацией от объема воды, накопленного в водохранилищах в невегетационный период, тыс. м<sup>3</sup>;  $\alpha_g$  - доли, поучаемые водохозяйственной организацией от объема воды, накопленной в водохранилищах в невегетационный период;  $W_p = \alpha_p \cdot W_{гн}$  - объем воды, выделенный для каждого государства по месяцам, тыс. м<sup>3</sup>.

Общий тариф на воду, используемую в пределах лимита ЭВО ( $C$ ) определяется по формуле:

$$C = C_{гп} + C_{гв} \quad (14)$$

При этом по длине бассейна реки изменяется минерализация воды и его качественный состав, который необходимо учитывать при определении тарифа на воду [7]:

$$C_i = C \cdot \left( \frac{\Delta \mathcal{E}_k - \Delta \mathcal{E}_i}{\Delta \mathcal{E}_k - \Delta \mathcal{E}_{opt}} \right) \quad (15)$$

где  $C_i$  - цена воды с учетом минерализации и качественного состава в точке водовыдела, тенге за 1 м<sup>3</sup>;  $\Delta \mathcal{E}_i$  - текущие значения коэффициента негативной реакции;  $\Delta \mathcal{E}_{opt}$  - оптимальное значение коэффициента негативной реакции;  $\Delta \mathcal{E}_k$  - критическое значение коэффициента негативной реакции.

Анализ использования водных ресурсов трансграничных рек показывает, что одним из составляющих платы за воду должен быть учтен и такой фактор, как нанесенный народному хозяйству, в результате отрицательного воздействия хозяйственной деятельности, экологический ( $\mathcal{E}_i$ ), социально-экономический ( $C\mathcal{E}_i$ ) и социальный ( $C_s$ ) ущерб [7]:

$$Y_{и} = \mathcal{E}_i + C\mathcal{E}_i + C_s \quad (16)$$

Тогда удельный ущерб, нанесенный народному хозяйству за счет ухудшения экологического состояния водных ресурсов реки, будет равен:

$$\bar{Y}_{и} = Y_{и} / W_i \quad (17)$$

где  $W_i$  - объем стока в данном створе реки, тыс. м<sup>3</sup>.

Тогда, стоимость или цена воды в любом створе реки можно определить по формуле:

$$C_{\sigma} = C + (\bar{Y}_{\text{ниж}} - \bar{Y}_{\text{верх}}), \quad (18)$$

где,  $\bar{Y}_{\text{ниж}}$  - удельный ущерб  $i$ -го или нижнего водохозяйственного района, тенге;  $\bar{Y}_{\text{верх}}$  - удельный ущерб верхнего водохозяйственного района, тенге.

В заключении следует отметить, что разработанная эколого-экономическая концепция использования водных ресурсов трансграничных рек, которая базируется на принципах равного и справедливого вододеления, мягкого управления природой, обеспечивающая сбалансированное природопользование и на затратно-нормативном принципе формирования ежегодных эксплуатационных издержек водохозяйственных организаций, не претендует на исчерпывающую полноту охвата экономических, экологических и социальных аспектов вододеления, во многом носит дискуссионный характер и призвана в первую очередь обратить внимание государственных деятелей и научных работников на важность затронутой проблемы, так как именно такого рода требования должны лечь в основу распределения водных ресурсов межреспубликанских рек.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асанбеков А.Т., Маматканов Д.М., Шавва К.И., Шапар А.К. Экономический механизм управления трансграничными водными ресурсами и основные положения стратегии межгосударственного деления. - Бишкек, 2000. - 48 с.
2. Бурлибаев М.Ж., Достай Ж.Д., Турсунов А.А. Арало-Сырдарьинский бассейн: Гидроэкологические проблемы, вопросы вододеления. - Алматы: Дауир - 2001. - 180 с.
3. Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель. - СПб.: Гидрометеиздат, 1995. - 359 с.
4. Заурбеков А.К. Научные основы рационального использования и охраны водных ресурсов бассейна реки: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. доктор техн. наук. - Тараз, 1998. - 50 с.
5. Кименский Ю.А., Шейнин Л.Б. Правовые вопросы распределения водных ресурсов межреспубликанских рек // Водные ресурсы. - 1986. - №3.

6. Соломония О.Г. ·ОБ ·оптимизации комплексных водохозяйственных систем при хозрасчетной основе функционирования водохранилищ // Водные ресурсы, №2, 1984, С. 74-78.
7. Мустафаев Ж.С. и др. Математическое моделирование формирования и функционирования водохозяйственных систем. –Тараз, 2000. – 125 с.
8. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы и ее окружения. -М.: Наука, 1965.-370 с.

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати

## **ШЕКАРАЛАС ЫЗЕНДЕРДІҢ ҚОРЫН БАСҚАРУДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

Техника ғылымд. докторы Ж.С. Мұстафаев

Техника ғылымд. Канд. С.Р. Ибатуллин

К.Б. Койбағарова

*Жұмыста шекаралас өзендердің су қорын пайдалану кезіндегі судың бағасын құрамын және оның құнын анықтаудың әдістемесі қарастырылған.*

УДК 504.53.062.4(574)

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ КАЗАХСТАНА ХИМИЧЕСКИМИ  
ТОКСИКАНТАМИ**

Доктор биол. наук      К.Ш. Фаизов  
Доктор с.-х наук      И.К. Асанбаев  
   К.К. Ахметова

*Изучено содержание в почвах приоритетных химических загрязнителей. Полученные данные указывают на повышенное содержание в почвах природных зон валовых форм цинка, меди, бора, кобальта; на бывших полигонах ядерных и ракетных испытаний - стронция-90 и цезия-137; все возрастающее загрязнение почв выбросами автомобильного транспорта.*

Химические элементы в почвах определялись общепринятым спектрографическим методом на полную глубину почвенного профиля [1, 2]. Ранжирование химических элементов по степени токсичности проведено в соответствии с "Методическими рекомендациями по выявлению деградированных и загрязненных земель" (М., 1995), а также "Предельно-допустимые концентрации химических веществ в почвах" (ПДК) утвержденных Главным Государственным санитарным врачом Республики Казахстан 29.02.1997 г. При этом принято считать, загрязненными почвы с концентрациями валового содержания элемента, превышающих ПДК (мг/кг): для цинка – 23, меди – 3, свинца – 6, марганца – 1500, молибдена – 5, бора – 3, хрома – 0,05, фтора 10, стронция-90 37 Бк/кг, цезия-137 370 Бк/кг.

Почвенный покров Казахстана, общей площадью 235 млн. га, в связи с особенностями условий почвообразования в центре евроазиатского материка, отличается большим разнообразием химических, физических, водно-физических свойств и уровня плодородия. Качественный состав почвенного покрова Республики характеризуется широким распространением засоленных и солонцеватых земель (93,7 млн. га), проявлением дефляции (24,1 млн. га) и эрозии (4,8 млн. га), особенно сильно на карбонатных и почвах легкого механического состава. Общая площадь суглинистых и глинистых почв превышает 140 млн. га, супесчаных и песчаных – 52 млн. га [9]. На содержание и распределение по профилю почва химиче-

ских загрязнителей оказывают влияние генезис и свойства почвообразующих пород, особенно наиболее тонких илистых частиц, количество и качественный состав органического вещества, поглонительная способность, увлажнение и рН среды, а также современные факторы техногенеза – влияние сельскохозяйственных, промышленных предприятий, полигонов военно-промышленного комплекса. В техногенных ландшафтах нарушается естественное биогеохимическое равновесие, происходит накопление и сохранение несвойственных природным почвам токсических химических соединений.

Особенностью географического размещения почвенного покрова по территории Казахстана является ярко выраженные горизонтальная – широтная и высотная – горная зональность и формирование комплексного покрова. На крайнем севере Республики – Северо-Казахстанской области, на площади 76 тыс. га простирается умеренно-влажная зона серых лесных почв, черноземов выщелоченных и лугово-черноземных почв. Почвы формируются на лессовидно-суглинистых, глинистых и супесчаных почвообразующих породах, при сумме годовых осадков 300-350 мм и сумме эффективных температур выше 10 °С 1950-2200 °С. Мощность гумусового горизонта зональных почв достигает 50-60 см, содержание гумуса гуматно-кальциевого состава от 3-4 до 6-7 %, емкость поглощения от 20-25 до 30-40 мг/экв на 100 г почвы, рН среды на уровне нейтральной и слабокислой. Большие площади этих почв длительное время находятся под пашней для возделывания в основном зерновых культур и поэтому загрязнены неумеренным применением минеральных удобрений, средств защиты растений и дефолиантов.

Умеренно-засушливая степная зона черноземов обыкновенных и южных занимает площадь в 25,3 млн. га и распространены в Северо-Казахстанской, на севере Костанайской, Акмолинской, Павлодарской, Актюбинской, Западно-Казахстанской и частично Карагандинской областях. Почвы развиваются в условиях холодного климата сибирского типа, непромывного типа водного режима и неглубокого промачивания почвенного профиля. Годовое количество осадков 300-320 мм с летним максимумом, сумма температур выше 10 °С 2100-2200 °С. Засухи повторяются в среднем один раз в 4 года. Широко распространены лессовидно-суглинистые и глинистые карбонатные почвообразующие породы, богатые илом и глиной, в составе которых минералы типа каолинита, хлорита, смешанослойных и гидрослюда. Мощность гумусового горизонта изменя-

ется от 40-50 см в черноземах южных до 60-80 см – черноземах обыкновенных, содержание гумуса гуматно-фульватного состава, соответственно, 5-6 и 6,7-7,9 %, емкость поглощения от 20-30 до 30-40 мг/экв на 100 г почвы, реакция почвенного раствора нейтральная и слабощелочная. Из общей площади пахотнопригодных почв 16,8 млн. га освоено в пашне 14,5 млн. га черноземов. Черноземы характеризуются высоким (местами избыточным) содержанием марганца (500-3300 мг/кг), цинка (60-80 мг/кг) и бора (50-80 мг/кг), являющиеся потенциальными источниками загрязнения территории [10]. За 50 лет нерационального использования в пашне черноземы безвозвратно потеряли до 20-25 % гумуса, усилились процессы техногенного загрязнения за счет минеральных удобрений и промышленных выбросов.

Умеренно-сухая, сухая и пустынно-степная зона каштановых почв простирается по центральным регионам Казахстана от Прикаспийской низменности на западе, до предгорий Алтая и Саур-Тарбагатай – на востоке на общей площади 90 млн. га. Аридность климата нарастает к югу при общем недостаточном и неумеренном увлажнении. При этом количество осадков уменьшается от 230-260 мм на севере зоны до 200-220 мм на юге, сумма температур выше 10 °С, соответственно, увеличивается от 2300-2400 °С на севере до 2600-3200 °С – на юге. Почвообразующими породами служат разнообразные по механическому составу элювиальные, элювиально-делювиальные и делювиальные в основном суглинистые и глинистые, местами щебнистые отложения. В составе глинистых минералов преобладают гидрослюдамонтмориллонит, и смешанослойные слюдамонтмориллонитовые образования.

Зональные почвы сухих и пустынных степей формируют темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые почвы, где в структуре почвенного покрова большие площади занимают карбонатно-солонцеватые почвы, разнообразные солонцовые комплексы и малоразвитые почвы (Казахский мелкосопочник, Приуральское плато и Мугоджары). Мощность гумусового горизонта уменьшается от 40-60 см в темно-каштановых почвах до 30-40 см – в светло-каштановых, содержание гумуса гуматно-фульватного состава, соответственно, от 3,4-4,6 до 1,2-2,5 %, ёмкость поглощения 25-30 мг/экв на 100 г почвы и 15-20, реакция почвенного раствора нейтральная и слабощелочная.

Темно-каштановые почвы используются в неполивном земледелии, каштановые и светло-каштановые представляют сенокосные и паст-

бищные угодия. В этих почвах отмечено повышенное содержание меди (26-42 мг/кг), цинка (55-72 мг/кг) и бора (72-102 мг/кг); В зоне каштановых почв широко проявляются техногенное загрязнение на рудниках, районах промышленных предприятий и бывших испытательных полигонах. Особенно сильно загрязнены почвы зоны промышленных предприятий Павлодара, Экибастуза, Семипалатинска, Караганды, Темиртау, Хромтау, Актюбинске и др., где образованы свособразные биогеохимические аномалии с высоким содержанием токсикантов (цинк, марганец, свинец, хром, ртуть, кадмий, фтор и др.).

В Павлодар-Экибастузском промышленном регионе отмечена высокая степень токсичности выбросов. В радиусе 80 км от г. Экибастуза установлено высокое содержание в почвах свинца, никеля, меди и хрома. В почвах г. Павлодара и его окрестностей максимальное загрязнение по молибдену достигает 2, свинцу – 3, цинку – 1, сурьме – 4 ПДК. Вокруг промышленных предприятий Семипалатинска (наиболее сильно на расстоянии 2,5-5,0 км) концентрация цинка в почвах превышает ПДК в 7.4 раза, свинца – 9,9, меди – 3,8, кадмия – 13,3 [4]. В зоне Жезказганского горно-металлургического комбината приоритетными загрязнителями являются медь, свинец, цинк, содержание которых превышает ПДК в 15-ти км зоне в 1,5 раза, 3 км – 500 раз. Высокая степень загрязнения почв хромом, никелем и кадмием фиксируется в районе Актюбинска.

Пустынная зона бурых и серо-бурых почв простирается южнее зоны каштановых почв в пределах географических координат 41-48° (49°) с.ш. и занимает площадь в 120 млн. га или 44 % всей территории Казахстана. Это самая жаркая и засушливая территория с огромными массивами песков (Нарын, Каракум, Кызылкум, Сарыишикотреу и др.), солончаков, такыров и бедной солянково-полынной растительностью. Осадков выпадает 120-180 мм, сумма эффективных температур выше 10 °С превышает 2800-4000 °С. На почвообразование в зоне пустынь большое влияние оказывают генезис и литология почвообразующих пород, отличающихся невысоким содержанием глины и преобладанием минералов группы: гидрослюда, каолинит, хлорит с участием палыгорскита и монтмориллонита. Загрязнение почв носит преимущественно техногенный характер, связанный с разработкой месторождений полезных ископаемых или испытательными полигонами военно-промышленного комплекса (Прикаспий, Бетпақдала, Сарышаган и др.).

Бурые и серо-бурые почвы пустынь характеризуются мощностью гумусового горизонта 20-30 см, содержат 0,6-1,6 % гумуса фульватного состава, емкость поглощения 5-15 мг/экв. на 100 г, почвы щелочные, карбонатные, засолены легкорастворимыми хлоридами, сульфатами и щелочами. Большая часть территории пустынной зоны используется в качестве сезонных пастбищ с оазисами поливных земель по долинам рек Урал, Сырдарья, Чу, Талас, Или, Каратал и др. Выделяются биогеохимические зоны борного и нефтехимического загрязнения в Прикаспийской низменности и на плато Мангышлак-Устюрт, фторидное и свинцовое – на орошаемых массивах долин рек Сырдарья, Чу-Таласа, высокое содержание свинца и цинка – на Арыс-Туркестанском и Шаульдерском массивах орошения; значительное загрязнение – на космическом и ракетном полигонах плато Бетпақдала и северного Прибалхашья.

Горные регионы Тянь-Шаня, Саур-Тарбагатай и Алтай занимают общей сложности 37 млн. га или 14 % территории Республики. Характер вертикальных почвенных зон, их распределение и высотные границы изменяются в различных горных системах в зависимости от географического положения, абсолютной высоты и строения горной системы. Алтайский регион отличается сложным горным рельефом, холодным температурным фоном и структурой вертикальной почвенной зональности южно-сибирского типа, который включает почвенные типы от горно-тундровых, горно-таежных и горно-степных до пустынно-степных светло-каштановых и бурых пустынных.

Северо-Тяньшаньский горный регион характеризуется наличием высокогорного, сильно денудированного среднегорного рельефа, предгорий и прилавков, где в условиях умеренного температурного фона семи-реченского типа распространены почвы высотных поясов, включая альпийские и субальпийские почвы, горно-лесные темноцветные и черноземовидные почвы, горно-степные черноземы и темно-каштановые почвы, предгорные светло-каштановые, пустынно-степные, бурые пустынные почвы и сероземы.

Западно-Тяньшаньский горный регион отличается высоким температурным фоном с продолжительным летне-осенним сухим периодом и зимне-весенним максимумом выпадения осадков. Вертикальная почвенная зональность туранского или среднеазиатского типа включает высокогорные альпийские и субальпийские почвы, горные и предгорные коричневые, серо-коричневые почвы и сероземы.



Почвы горных областей преимущественно маломощные, малоразвитые, щебнистые, в разной степени подвержены эрозии и техногенному загрязнению. Здесь отмечается сложное сочетание почв склонов разной экспозиции, межгорных долин и впадин, плато и сыртов. Современное экологическое состояние характеризуется прогрессивным нарастанием процессов загрязнения и антропогенного опустынивания.

В Алтайском горном регионе наличие богатейших запасов разнообразных рудных месторождений обусловило в основном рудно-сырьевую ориентацию промышленности. Ежегодно добывается около 13 млн. тонн руды, из которых более 90 % складывается в хвостохранилищах. При этом основными загрязнителями природной среды выступают предприятия цветной металлургии (титаномагниевого комбината; свинцово-цинковый и др.) и горно-обогатительного производства. Приоритетными элементами являются цинк (3 ПДК), медь (1,8 ПДК), свинец (3,3 ПДК), кадмий (1,8 ПДК), никель (6,7 ПДК) и др. Почвенный покров предприятий угледобывающего комплекса загрязнен мышьяком (4 ПДК), титаном (1,4 ПДК), марганцем (1,6 ПДК), цинком (1,2 ПДК), молибденом (1,4 ПДК), фтором (1,4 ПДК) [3].

В Северо-Тяньшаньском горном регионе сильно загрязнены почвы Текелийского горного комбината и г. Алматы (ртуть, сера, свинец и др.) на Акдалинском орошаемом массиве в низовьях реки Или выявлены участки загрязнения почв бором (3,2 ПДК), фтором (1,4 ПДК), свинцом (2 ПДК), медью и кадмием (2 ПДК).

В Западно-Тяньшаньском горном регионе отмечены повышенное содержание в почвах меди (79,5 мг/кг), цинка (43,7 мг/кг) и кобальта (7,7 мг/кг). В районе Каратау-Жамбылского промышленного комплекса и орошаемых массивах по долине рек Чу, Таласа и Ассы выявлены участки повышенного содержания в почвах фтора (17-30 мг/кг) за счет эмиссий химических предприятий фосфорной промышленности и многолетнего нерационального использования минеральных удобрений и химических мелиорантов на полях орошения [7, 8].

Техногенные нагрузки на почвенный покров Республики прогрессивно растут, что при неустойчивости почв к ним, нерациональном использовании природно-сырьевых и водно-земельных ресурсов неизбежно сопровождается загрязнением и опустыниванием окружающей среды. В настоящее время использование природных ресурсов имеет преимущественно потребительский характер, ориентированный на получение макси-

мальной хозяйственной прибыли без учета последствий и перспективы. Это ведет к истощению ресурсов, крупномасштабному загрязнению и разрушению экосистемы. В этой связи закономерно проявляется преимущественно сельскохозяйственное загрязнение и дегумификация пахотных почв Северного Казахстана с очагами техногенного химического загрязнения территории промышленными предприятиями.

В Западном Казахстане интенсивное развитие нефтегазовой промышленности создало крупные очаги нефтехимического загрязнения и засоления почв сточными водами, содержащими оксиды углерода и азота, диоксид серы и сероводород, фенол, аммиак, различные канцерогенные тяжелые металлы и минеральные соли (хлориды, сульфаты, бор и др.). Содержание в почвах свинца достигает 1-6, молибдена 7-12, кобальта 2-3 ПДК. На приморской равнине Прикаспия, современной и древней дельте реки Урал выявлены обширные ареалы борного загрязнения почв, где содержание бора колеблется от 18,6 до 171 мг/кг, что превышает их средние показатели (10 мг/кг) в 5-7 раз.

Ситуация осложняется радиоактивным загрязнением почвенного покрова территорий бывших полигонов военно-промышленного комплекса (Азгир, "Лира", Тайсойган), где преобладающими загрязнителями являются стронций-90, цезий-137, плутоний-239, -240 (суммарная активность более 1 млн. юри альфа-бета-гамма-нуклидов), ракетное топливо (гептил, меланж) и различные токсические химические вещества (свинец, медь, цинк, хром и др.). Исследования показали, что концентрация цезия в Нарын-песках превышает ПДК в 137 раз, кадмия – 80-120, стронция – 150, свинца – 80 раз. Высокотоксичное ракетное топливо гептил (нитрозодиметилламин), аккумулированное при испытании ракет в бассейне Эмба-Сагиз, относится к токсикантам первого класса опасности. Действие его на организм человека вызывает раздражение слизистой оболочки, дыхательных путей и легких, возбуждение центральной нервной системы, поражение печени, почек, влияет на воспроизводство потомства. Остатки ракетного топлива вызывают кислотные дожди, которые могут уничтожить до 50 % биомассы. Как следствие ядерных испытаний на территории Атырауской области отмечается высокая степень заболеваемости населения, особенно детей, анемией, сердечно-сосудистой системы, раком, туберкулезом и психики, у них ослаблен иммунитет в связи с низким содержанием в крови гемоглобина.

В промышленных районах Центрального Казахстана широкое распространение получили техногенное загрязнение почв на объектах добычи и переработки руд (железных, медных, угольных и др.). Большие площади загрязнены тяжелыми металлами, радиоактивными элементами, ракетно-космическим мусором. На территории бывшего Семипалатинского ядерного полигона в почвах отдельных площадок (Дегелен и др.) максимальный уровень радиационного фона превышает предельно допустимые дозы в 181 раз. Прогрессивные формы загрязнения почв отмечены в районах Прибалхашья, Мугоджар, Подуральского плато. Орошаемые площади Южного Казахстана сильно загрязнены бором, фтором, свинцом, медью, пестицидами и нитратами [6].

Содержание и распределение по профилю валовых форм микроэлементов в основных типах почв Казахстана подчинено определенной закономерности. Установлено, что во всех природных зонах содержание микроэлементов превышает ПДК по цинку в 2-3 раза, меди – 6-8, бору – 10-20, кобальту – 1-2 раза и, следовательно, являются потенциальными загрязнителями природной среды (табл.).

Таблица

Содержание валовых форм микроэлементов в почвах природных зон Казахстана (мг/кг), [2]

Элемент	Чернозем	Темно-каштановые	Каштановые	Светло-каштановые	Бурые	Серо-бурые
Медь	18-31	18-25	16-25	15-23	16-23	12-22
Цинк	35-70	34-55	40-50	39-48	39-48	33-48
Марганец	430-780	443-807	382-700	406-587	375-603	343-480
Кобальт	6-10	6-10	8-9	8	7-8	7-8
Молибден	0,8-1,6	0,9-1,3	1,5	0,9-1,2	1,3	1,1
Бор	31-65	40-65	70	38-70	55	40-55

В то же время отмечается недостаток в почвах марганца и молибдена, их содержание заметно ниже ПДК. Исследования также показывают, что содержание в почвах радиоактивного стронция-90 и цезия-137 во всех природных зонах находится в пределах, не представляющих опасности для биоценоза. Уровень концентрации стронция-90 на большей части территории Казахстана не превышает 9,7-17,0 Бк/кг, цезия-137 – 12-21, ис-

ключая локальные участки аккумуляции нуклидов на бывших полигонах ядерных испытаний.

Существенный всевозрастающий вклад в загрязнение почвенного покрова Республики вносит автотранспорт. Количество автотранспорта за последние 7-8 лет значительно пополнилось устаревшими моделями иностранного производства, выхлопные газы которых не соответствуют экологическим требованиям. Подавляющую часть автомобильных выбросов составляют приоритетные загрязнители оксиды углерода, серы и азота, фенол, свинец и др., которые легко адсорбируются почвой, снижая их ферментативную активность и являются фитотоксичными.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грабаров П.Г. Элементы минерального питания и методы химического контроля почв Казахстана // Автореф. докт. дисс. Алматы, 1973. - 59 с.
2. Квитко Б.Я. Содержание валовых форм микроэлементов в почвах Казахской ССР / В кн.: "Микроэлементы в биосфере Казахстана". Алматы: Наука.- 1981. - С. 6-51.
3. Панин М.С. Эколого-биогеохимическая оценка техногенных ландшафтов восточного Казахстана. Алматы, 2000. - 388 с.
4. Салтыбаев А.Д. Геохимические особенности системы "атмосферный воздух-почва-грунтовая вода-растения" в условиях промышленного загрязнения г. Павлодара // Автореф. канд. дисс. Алматы, 1995. - 22 с.
5. Солодникова Е.А. Микроэлементы в почвах, почвообразующих породах, растениях и природных водах Карагандинской области // Автореф. канд. дисс. Алматы, 1971. - 23 с.
6. Султанбаева У.М. Содержание микроэлементов (Cu, Zn, Mn, Co, Mo, V) в почвах, кормах, водоисточниках Чимкентской области и эффективность микроудобрений // Автореф. канд. дисс. Алматы, 1971. - 31 с.
7. Томина Т.К. Техногенное загрязнение фторидами сероземов Жамбылской области // Автореф. канд. дисс. Алматы, 1995. - 26 с.
8. Фаизов К.Ш., Уразалиев Р.А., Иорганский А.И., Есимбеков М.Б. Антропогенное опустынивание почв Республики Казахстан. Алматы, 2000. - 33 с.
9. Фаизов К.Ш., Уразалиев Р.А., Иорганский А.И. Почвы Республики Казахстан. Алматы: Айлерон, 2001. - 327 с.
10. Харитонова А.Ф. Микроэлементы (Cu, Zn, Mn, Co, Mo, V) в основных почвах Северо-Казахстанской области и эффективность микроудобрений // Автореф. канд. дисс. Алматы, 1970. - 23 с.

Институт почвоведения им. У.У. Успанова МОН РК



УДК 577.4

**ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ  
РАЗМЕРОВ ВОДООХРАННОЙ ЗОНЫ ВОДОТОКА**

Доктор техн. наук

А.К. Заурбек

Ж.А. Заурбкова

*Анализируются методы определения и факторы, от которых зависят размеры прибрежной водоохранной полосы и водоохранной зоны вдоль реки. Предложен метод по эколого-экономическому обоснованию размера водоохранной зоны вдоль реки.*

Водные ресурсы Казахстана оцениваются в объеме 114,96 км<sup>3</sup> (1960), из них на его территории формируется 69,37 км<sup>3</sup>, а на настоящее время суммарные водные ресурсы в среднем за многолетний период составляет 100,46 км<sup>3</sup>. Водные ресурсы, формируемые на ее территории принимаются без изменения.

Основным потребителем воды является орошаемое земледелие, на долю которого приходится до 60% общего объема водопотребления. Потребности в воде сельского хозяйства (орошаемое земледелие, лиманное орошение, обводнение пастбищ) достигает 70% общего объема водопотребления. Доля безвозвратного водопотребления в отрасли доходит до 90%. В целом уровень использования местных водных ресурсов в Северных и Восточных районах Казахстана составляет 40-45%. К предельному уровню использования водных ресурсов подошли в Западном (около 85%), а в Центральном и Южном районах уже составляют 100%.

Интенсивное развитие отраслей экономики в бассейнах рек истощает водные ресурсы, ухудшает гидрологические и гидрохимические режимы внутренних водоемов, приводит к изменению, вымиранию и исчезновению отдельных видов растительного и животного мира, растительных сообществ, уменьшаются размеры и падает урожайность сенокосов и пастбищ, и, как следствие, снижается объем заготавливаемых кормов и тем самым коренным образом ухудшается возможность развития отрасли животноводства в низовьях рек. Отрицательные воздействия в бассейнах рек приводят к массе последующих негативных последствий на определенной территории. Приносится колоссальный ущерб самой природе. Изменяется ландшафт, раститель-

ный и животный мир, ликвидируются зоны отдыха и туризма. Создаются условия для возникновения процессов опустынивания территорий.

Негативные последствия сказались на настроении и материальном положении населения. Из-за безводья они лишились приусадебных участков и вынуждены покидать обжитые места. Наблюдается миграция населения. Катастрофические экологические последствия можно наблюдать во многих районах, в частности, в бассейне Аральского моря (Приаралье).

Удовлетворение растущих потребностей в воде различных отраслей экономики с одной стороны и сохранение природной среды в бассейнах рек всегда находятся в противоречии и является актуальной проблемой. Таким образом, вопросы назначения водоохраных зон и прибрежных водоохраных полос вдоль водотоков относятся к проблемам охраны окружающей среды и непосредственным образом влияют на состояние природных систем бассейна реки.

В сельское и промышленное производство вовлечены значительные части территорий суши. Так, например, только под пашней занято около 11% земельного фонда нашей планеты. Обрабатываемые почвы мира в расчете на душу населения составляет около 0,25 га. Количество продуктивных земель по земному шару резко сокращается. Если в 1800 году они были равны 3,4 млрд. га, то в 2000 году составляют около 2 млрд. га. В то же время потребность в них соответственно возрастут с одного до двух миллиардов гектаров (Д. Медоуз и др., 1991). Необходимо подчеркнуть, что такое соотношение характерно, для современного уровня продуктивности сельскохозяйственных культур. Если же продуктивность сельскохозяйственных культур повысить в 2 или в 4 раза, то соответственно дефицит в пахотно-пригодных землях отодвигается до 2030 и 2050 годов. Сокращение пахотно-пригодных земель наблюдается и в Казахстане. Так, если площадь пастбищ составляла около 180 млн. га, то в настоящее время она не превышает 155 млн. га. Уменьшаются также и площади сенокосных угодий. В противовес этому увеличиваются земли, отводимые для промышленности, транспорта, связи, под населенные пункты, земли водного фонда и другие виды использования.

Земли сельскохозяйственного использования размещаются вдоль водотоков. Размещение обрабатываемых земель ближе к источникам водоснабжения позволяет увеличить площади используемых земель в сельском хозяйстве. Но, в то же время, чем ближе к водным источникам будут размещены обрабатываемые земли, тем действеннее будет их влияние на

количественное и качественное состояние водных ресурсов реки. Поэтому вопросы установления границ сельскохозяйственных полей и водного источника являются важной проблемой.

Вопросы назначения водоохраных зон и прибрежных водоохраных полос вдоль водотока зависят от ее гидрологического режима за многолетний период. В настоящее время гидрологические режимы водных источников почти повсеместно подвержены влиянию хозяйственной деятельности человека, но встречаются участки рек, сохранившие естественный гидрологический режим. Принципы установления водоохраных зон зависят от размеров максимального стока, наличия и размещения водохозяйственных объектов по длине водотока и степени зарегулированности стока. Степень использования водных ресурсов рек по длине водотока увеличивается и к настоящему времени в южных районах Казахстана практически равна 100%. Имеются отдельные размеры свободного стока только в многоводные годы, а иногда и в годы средней водности.

В действительности принципы назначения водоохраных зон и прибрежных водоохраных полос зависят от размеров максимального стока. По рекомендации нормативной литературы размеры водоохраных зон устанавливаются в соответствии с размерами затопливаемых пойменных участков реки при прохождении максимального стока реки 1% обеспеченности. А вот величины максимального стока, даже в случаях водохозяйственного освоения водно-земельных ресурсов бассейнов рек по длине водотока, практически остаются в тех же размерах, что и случаях естественного режима стока реки. Таким образом, практически не зависят от степени использования водных ресурсов реки. В принципе, сток прямым образом должен зависеть от уровня наличия регулирующих емкостей на водном источнике и, во вторую очередь, от тактики управления максимальным стоком и достоверности долгосрочных и от краткосрочных гидрологических прогнозов.

Если не принимать во внимание наличия регулирующих емкостей и полной недостоверности гидрологических прогнозов по максимальному стоку (в настоящее время, так и нужно поступать; в этом случае неувязки в измерениях максимального стока идут в запас прочности и в какой-то мере увеличивает надежность расчетов), то в таком случае размеры максимального стока в зоне влияния антропогенной деятельности идентичны размерам максимального стока, наблюдающегося в естественных условиях.



В качестве исходных данных для установления водоохраных зон и прибрежных водоохраных полос можно использовать материалы гидрометеорологической службы по разным створам вдоль водотока, опубликованные в «Водном кадастре». Отметка уровня воды и необходимая ширина водоохранной зоны будет установлена на основе поперечного профиля реки в рассматриваемом створе и расчетного значения годового или максимального стока. За основу выбора размера водоохранной зоны нужно принимать технико-экономические расчеты и экологическую обстановку на рассматриваемой территории. Предлагается следующая методика обоснования водоохраных зон в бассейне реки, которая состоит из четырех этапов.

На первом этапе определяются размеры максимального стока различной обеспеченности и соответствующая им ширина водоохранной зоны. Таким образом, получает кривую обеспеченности размеров водоохранной зоны. Задача решается методами инженерной геологии и не представляет сложную проблему.

На втором этапе устанавливаются размеры сельскохозяйственных угодий, выводимые из оборота. То есть рассчитывается ущерб народному хозяйству от невозможности использования выводимых из оборота сельскохозяйственных земель.

На третьем этапе рассчитывается ущерб от наводнения из условия, что не предусматривается водоохранная зона. Чем больше ширина водоохранной зоны, тем меньше ущерб от наводнения.

В завершение, на четвертом этапе суммируют ущербы и определяют народнохозяйственный ущерб. Минимальная величина народнохозяйственного ущерба соответствует оптимальному значению ширины водоохранной зоны. По оптимальному значению ширины водоохранной полосы можно установить оптимальное значение обеспеченности максимального стока.

Оптимальные размеры водоохранных зон в бассейне реки Талас в пределах Казахстана составляет 400-700 м.

Выводы:

1. Существующие методы определения размеров водоохранной зоны исходят из условия, что их устанавливают по ширине реки, когда проходит максимальный сток 1%-ой обеспеченности.
2. Предлагаемый метод определения размеров водоохранной зоны исходит из условия, что его размеры необходимо обосновать техни-



УДК 504.03(574.51)

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.И. Тлеулесова

*Природная среда Алматинской области испытывает высокие техногенные нагрузки. В статье рассмотрены виды деградаций, выявлены причины возникновения экологических проблем и предлагаются пути их решений.*

Последние десятилетия охрана окружающей среды стала одной из актуальных проблем общественного развития, что связано с постоянным возрастанием взаимосвязи общественно-экономических и природных процессов.

Чрезмерно высокие темпы экономического развития, принципы истощающего природопользования привели к возникновению целого ряда глобальных экологических проблем, включая негативные изменения климата, деградацию земель, дефицит воды.

Природная среда Алматинской области испытывает достаточно высокие техногенные нагрузки энергетического сектора, добывающих и перерабатывающих предприятий аграрного комплекса. В ряде районов сложилась крайне неблагоприятная экологическая обстановка. Наиболее опасное её проявление – региональное техногенное опустынивание, деградация почв, истощение и загрязнение водных ресурсов, сокращение и разрушение биологического разнообразия. При сложившейся ситуации, для решения всего многообразия экологических проблем требуется не один год и серьезные финансовые средства [1, 7, 14].

Анализ исходного состояния окружающей природной среды в области показал, что в результате взаимодействия природных и хозяйственных объектов сформированы определенные эколого-хозяйственные системы. Уровень, характер и степень этого взаимодействия проявляются в качественном и количественном состоянии различных экосистем региона. В Алматинской области выявлены следующие виды деградации природной среды [2].

**1. Ветровая эрозия почв, распространенная преимущественно в засушливых районах Алматинской области с активным ветровым режи-**

мом. Она проявляется в ранней весенней и осенней периоды, в большинстве случаев при северо-западных и юго-восточных направлениях ветра. Ей подвергаются все типы почв, за исключением солонцов, однако, в наибольшей степени — почвы легкого механического состава [4, 9]. Однако на отдельных участках ветровой режим и его направление зависят от рельефа местности и его близости к горной системе Джунгарского Алатау, где преобладают горно-долинные ветры. В земледелии Алматинской области используются темно-каштановые, светло-каштановые почвы, обыкновенные и светлые сероземы. Эрозией затронуты в основном светлые и обыкновенные сероземы легкого механического состава.

Выделяются семь почвенно-эрозионных районов с усиленным проявлением ветровой эрозии. Панфиловский долинный, где на распаханых участках возможна ветровая и ирригационная эрозия; Каратальский подгорный район со средней и сильной ветровой эрозией; Аксуский подгорно-равнинный район, где наблюдаются эти процессы на супесчаных почвах и распространена ирригационная эрозия; Лепсинский мелкосопочно-равнинный район, средне и сильно подверженный ветровой эрозии; Сасыкколь - Алакольский равнинный район, где ветровая эрозия развивается на массивах песков и на песчаных почвах; Ушаральский низкогорно-равнинный район, со средней и сильной ветровой эрозией и Алакольский подгорно-равнинный район со слабой степенью проявления ветровой эрозии [6, 9].

**2. Водная эрозия**, представляющая потенциальную опасность в зоне предгорных наклонных равнин Заилийского Алатау, межгорных долин Кегеня и Нарынкола, имеющих значительный уклон и расчлененность территории, и особенно в хозяйствах Карасайского, Жамбылского, Енбекшиказахского и Кербулакского районов. В зоне обеспеченной и полубеспеченной осадками богары практически все богарные посевы расположены на склонах крутизной от 2 до 12° и более. Механический состав склоновых почв, сформированных на лессовидных почвообразующих породах, обуславливает их податливость к смыву. Овражная эрозия проявляется в хозяйствах Каскеленского и Энбекшиказахского районов [3, 5].

Большой вред приносит эрозия на естественных кормовых угодьях Алматинской области, особенно на пастбищах, расположенных на склонах. Отрицательную роль играет также большая неравномерность использования пастбищ: менее доступные участки не используются или недоиспользуются, а наиболее доступные сильно перегружены. Это является

причиной разрушения дернины, выпада ценных компонентов пастбищных трав, особенно злаковых. Разрушение дернины, ухудшение водопроницаемости почвы создает противозрозионную неустойчивость.

Хозяйства, имеющие склоновые земли, где поля севооборотов нарезаны без учета рельефа, неправильно расположены лесополосы, дороги, скотопрогонные пути, бессистемно используются выпасы и выгоны, сильно подвержены водной эрозии должны размещать полевые севообороты на незродированных и слабоэродированных участках, а почвозащитные — на средне- и сильноэродированных. Почвозащитные севообороты должны включать 50% многолетних трав, произрастающих в выводных клиньях на эродированных участках.

Успешная защита почв от эрозии возможна лишь при применении комплекса противозрозионных мероприятий. Важную роль при защите почв от эрозии играют агротехнические мероприятия. Основу почвозащитной агротехники составляет противозрозионная обработка почвы. К ней относится пахота поперек склона или по горизонтали, безотвальная обработка с оставлением стерни на поверхности почвы, применение таких дополнительных приемов, как лункование, обвалование, бороздование и щелевание зяби, посевов многолетних трав и озимых культур и т.д.

**3. Загрязнение вод.** Основными загрязнителями поверхностных вод области являются сельхозпроизводители риса и других сельхозкультур, дислоцированные в бассейнах р.р. Или, Каратал, Шарын, к числу которых относятся АО: Бах-Бахты, Бирлик, Ақдала, Береке, Женис (р. Или), хозяйства: Уштобинский, опытное, Правда (р. Каратал), АО Ташкарасу, Розыбакиева, совхозы Бескарагай, Ильтыз, Дехан, Эмгек (р. Шарын, через канал Жаркополь). В общей сумме перечисленные выше и другие сельхозпредприятия отводят ежегодно более 200 млн. м<sup>3</sup> коллекторно-дренажных вод с высоким содержанием органических, азотсодержащих и взвешенных [3, 5, 11].

Ко второй группе загрязнителей поверхностных вод области, как по объемам отведения, так и по специфике загрязнения, относятся города и населенные пункты, на территории которых дислоцированы различные промышленные и коммунальные предприятия. Лидером по загрязнению поверхностных вод в этой группе является г. Алматы, который в 1998 г. через сооружения канализации и биологической очистки ГКП "Водоканала" отвел в р. Или 35 млн. м<sup>3</sup> очищенных сточных вод, что в общей оценке составляет 15% суммарных объемов отведения стоков по области. Опре-

деленное негативное воздействие на поверхностные воды и сопряженные объекты оказывают хозяйственные стоки гг. Талдыкорган Текели, районных центров Есик, Талгар, Каскелен, Жаркент, Чунджа и др.

Специфическое воздействие на водные ресурсы области оказывают предприятия пищевой промышленности: Карабулакский, Алматинский сахарный завод, ОАО "Коксу-Бекер", ОАО "Талгарспирт", птицефабрики: Чапаевская, Карасайская. Эти предприятия отводят свои стоки в большинстве случаев на поля фильтрации и испарения, пруды, участки местности, на которых происходит доочистка сточных вод почвенными микроорганизмами. Объемы отведения стоков незначительны, но по химическому составу они высокоминерализованы органическими соединениями [8, 12, 13].

Всё выше перечисленное, указывает на необходимость решения экологических проблем Алматинской области. В тоже время, учитывая сложности переходного периода к рыночной экономике и нереальность решения этих проблем в ближайшей перспективе, выявлены приоритетные экологические направления, требующие первоочередного решения как на республиканском, так и региональном уровнях:

- деградация пастбищ и пахотных земель;
- загрязнение водных объектов сточными водами;
- загрязнение окружающей среды твердыми бытовыми отходами;
- дефицит водных ресурсов;
- недостаточность возобновляемости биоресурсов;
- загрязнение атмосферного воздуха.

Определение этих направлений связано с тем, что усилия в области повышения природоохранной деятельности неэффективны из-за наличия целого ряда причин. К ним относятся отсутствие достаточно обоснованных приоритетов, нехватка финансовых ресурсов, ограниченная возможность использования внебюджетных источников, неадекватная законодательная база и др.

Как показано выше, для всех районов Алматинской области характерен ряд процессов, обуславливающих тот или иной уровень экологической дестабилизации. Так, деградация пастбищ и почв, вырубка леса создают напряженную экологическую ситуацию для восьми районов области. Как известно, в области продолжается тенденция роста численности новых форм хозяйствования на земле, в том числе и крестьянских хозяйств. На 1 ноября 1999 года зарегистрировано 22471 хозяйств, из этого числа

19884 (88,5%) отведены земли в натуре и выданы госакты на право постоянного землепользования. Этот позитивный процесс необходимо подкрепить системой нормативно-методической документацией (НМД) по обеспечению сохранности почво-земельных ресурсов. Разработка соответствующей НМД и контроль за их исполнением должны осуществляться постоянно, иначе процессы деградации земель будут иметь более чем серьезные последствия для всей эколого-экономической системы региона. Загрязнения водных объектов, атмосферного воздуха и почв носят локальный характер и формируют переходные зоны от удовлетворительной до напряженной для шести районов, и только два района относятся к относительно стабильной зоне [10, 14].

Алматинская область – регион с богатыми природными ресурсами, потенциально способствующими высокому уровню развития экономики. Однако исторически сложившаяся ресурсно-сырьевая и монокультурная система природопользования, осуществляемая без учета природных условий и национальных традиций хозяйствования привели к образованию множества экологических проблем, которые усугубляются сложностями переходного периода.

Указанные проблемы управляемы, для их решения предлагается:

- ускорить процесс совершенствования законодательно-нормативной базы;
- усилить роль местного самоуправления;
- экономически стимулировать природоохранную деятельность;
- создать условия для новых технологий;
- совершенствовать процесс экологического образования.

Внедрение этих и других рычагов стимулирования природоохранной деятельности позволят достигнуть сбалансированное устойчивое развитие региона и обеспечить условия проживания населения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алматинская область. Состояния окружающей среды (экспресс-справка), Алматы, 1998.
2. Временная инструкция о порядке проведения оценки воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду (ОВОС) в РК РНД 03.02.01-1993, МЭБР, Алматы, 1993.
3. Водный Кодекс Республики Казахстан, 1993г.

4. Государственные доклады «Экологическое состояние окружающей среды Республики Казахстан» в 1995, 1996, 1997 годах, МЭБР, Алматы.
5. Закон РК «Об охране окружающей среды», 1997.
6. Земельный баланс РК по состоянию на 01.01.2000 г. Агентство РК по управлению земельными ресурсами, Астана, 2000.
7. Казахская ССР. Краткая энциклопедия. Том 2. Алма-Ата, 1988.
8. Методические Указания по применению Правил охраны поверхностных вод РК, РНД 211.2.03.02-97, МЭБР, Алматы, 1997.
9. Национальный доклад «О состоянии и использовании земель РК за 1999 год». Агентство РК по управлению земельными ресурсами, Астана, 2000.
10. Отчеты АОРУООС 1999, 2000 гг.
11. Постановление КМ РК от 27.01.95 №102 «Об утверждении положения о водоохранных зонах и полосах».
12. Правила охраны поверхностных вод РК, РНД 1.03-94, МЭБР, Алматы, 1994.
13. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения №3 01.070-98, утвержденные Главным Государственным санитарным врачом РК 30.06.98.
14. Тезисы докладов Международного экологического форума по проблемам устойчивого развития Или-Балхашского бассейна «Балхаш-2000», Алматы, ноябрь, 2000.

Алматинское областное территориальное управление  
охраны окружающей среды

## **АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАСЫ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ**

А.И. Тілеулесова

*Алматы облысының табиғи ортасы жоғары техногендік күш ықпалында тұр. Мақалада деградацияның кейбір түрлері қарастырылып, экологиялық проблемалардың туындау себептері анықталған және оларды шешу жолдары ұсынылып отыр.*



УДК 551.2:669.(334.43):662.807.02

**ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ГАЗООБРАЗНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ОТ ТОЧЕЧНЫХ И ПЛОЩАДНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

А.Н. Нысангалиев

Т.К. Ахмеджанов

А.Ш. Бейсембинова

З.М. Тулемисова

К.Б. Кошанова

*Предложена простая математическая модель для вычисления радиуса зоны загрязнения атмосферы газообразными выбросами нефти и нефтепродуктов*

На предприятиях нефтегазовой, энергетической промышленности при хранении жидких (нефть) и твердых продуктов (уголь) отмечаются интенсивные выделения газообразных продуктов, таких как углеводороды, окись и двуокись углерода, сероводород и др. При этом источники имеют как точечный, так и площадной характер. Для оценки динамики загрязнения окружающей среды газообразными продуктами и радиуса зоны загрязнения необходимо располагать данными по интенсивности выделения газообразных веществ. Особенно эта задача актуальна для нефтегазовой промышленности, в которой испаряющиеся газообразные углеводороды составляют 70-80% всех потерь [1].

Рассмотрим загазованный поток воздуха с интенсивностью распространения  $I$ . В результате различных воздействий атмосферных явлений на некотором расстоянии от  $Z$  до  $(z+dz)$  интенсивность уменьшится на некоторую величину  $dI$ . Изменение интенсивности распространения зависит от многих факторов. Влияние этих факторов на интенсивность распространения газа в некотором объеме на единицу длины, обозначим через  $k$ . Интенсивность распространения газообразных веществ в окружающей среде от источника изменяется в зависимости от расстояния.

Для выяснения характера изменения интенсивности распространения газообразных веществ в атмосфере, рассмотрим поток загазованного воздуха. В результате воздействия различных атмосферных явлений на

расстоянии  $r$  от источника до расстояния  $r+dr$  интенсивность распространения уменьшится на величину  $dI$ . Влияние атмосферных явлений на процесс распространения газообразных веществ в окружающей среде необходимо учитывать эмпирическим коэффициентом  $k$ . Поэтому нет необходимости установления механизма воздействия атмосферных явлений на процесс распространения в нем газообразных веществ. Тогда интенсивность распространения газообразных веществ будет описываться дифференциальным уравнением:

$$dI = -Ikdr, \quad (1)$$

где  $dI$  – изменение интенсивности на расстоянии  $dr$ , мг/(м<sup>2</sup>·с);  $I$  – начальная интенсивность на расстоянии  $(r+dr)$ , мг/(м<sup>2</sup>·с);  $dr$  – длина на которой интенсивность изменяется на величину  $dI$ , м;  $k$  – эмпирический коэффициент, м<sup>-1</sup>. Знак минуса показывает на то, что с увеличением расстояния от источника загрязнения интенсивность распространения уменьшается, т.е. с возрастанием интенсивность убывает.

Интенсивность распространения газообразных веществ у самого источника равняется интенсивности выделения  $I_\beta$ . Найдем интенсивность распространения на расстоянии от источника. Для этого проинтегрируем выражение (2)

$$I = \frac{I}{\sigma} N, w_x + w_{y,z} = \frac{I}{\sigma} N, w_{y,z}, \quad (2)$$

предварительно разделив переменные

$$\int_{I_\beta}^I \frac{dI}{I} = -k \int_0^R dr, \quad (3)$$

В результате интегрирования получены  $\ln I_p - \ln I_\beta = kr$ , откуда имеем

$$I_p = I_\beta \cdot e^{-kr}, \quad (4)$$

где  $I_p$  – интенсивность распространения газообразных веществ в атмосфере, мг/(м<sup>2</sup>·с);  $I_\beta$  – интенсивность выделения газообразных веществ из источника (в частности из резервуара), мг/(м<sup>2</sup>·с).

Выражение (4) описывает изменение интенсивности распространения газообразных веществ от источника до места отбора проб на загазо-

ванность. Как видно, интенсивность распространения газообразных веществ от источника убывает по экспоненциальной зависимости. Радиус кривизны экспоненты зависит от коэффициента  $k$ , который определяется экспериментально.

Одной из основных характеристик испарения нефти и нефтепродуктов из резервуаров является давление насыщенных паров. При выбросе вредных газообразных веществ из резервуара давление в нем падает до атмосферного значения. Это соответствует одному циклу дыхания со средней скоростью.

Падение давления в резервуаре соответствует потере энергии с единицы объема. Следовательно, можно записать, что падение давления в резервуаре определяется следующим соотношением

$$\Delta p = P_H - P_a = \frac{N_3 w_k^2}{2}, \quad (5)$$

где  $P_H$  - давление насыщенных паров (газов), н/м<sup>2</sup>;  $P_a$  - атмосферное давление окружающей среды, н/м<sup>2</sup>;  $N_3$  - загазованность окружающей среды, кг/м<sup>3</sup>;  $G$  - средняя скорость выброса газа, м/с.

Выражение (5) можно представить через интенсивность выделения газа из источника

$$\Delta P = 3 I_p w_k, \quad (6)$$

откуда интенсивность газовыделений через падение давления будет иметь вид:

$$I_p = \frac{\Delta P}{3 w_k}. \quad (7)$$

Интенсивность распространения газа с учетом формулы (7) можно представить в следующем виде:

$$I_p = \frac{\Delta P}{3 v_g} e^{-kR}, \quad (8)$$

где  $\Delta P$  - разность давлений, н/м<sup>2</sup>;  $v_g$  - скорость выброса газа или скорость дыхания, м/с;  $k$  - эмпирический коэффициент, м<sup>-1</sup>;  $R$  - расстояние от источника до места отбора пробы на загазованность, м

Коэффициент  $k$  определяется по эмпирической формуле Константина. Скорость ( $v_g$ ) определяется экспериментально с использованием

анемометров. Давление насыщенных паров нефти и нефтепродуктов также определяется экспериментально. Таким образом, формула (8) позволяет определить интенсивность распространения газообразных веществ в атмосфере.

Добыча нефти включает следующие операции: сбор, подготовка и транспортирование. При этих процессах происходит потеря нефти, обусловленная испарением и разными утечками. Величина этих потерь зависит от физико-химических свойств нефти и особенностей сбора, подготовки и транспортирования ее до потребления. В результате этих потерь загрязняется окружающая среда. До сих пор не достаточно обоснована устанавливается область загрязнения атмосферы газообразными выбросами нефти и нефтепродуктов. Загрязнение окружающей среды зависит от интенсивности распространения газообразных веществ в атмосфере.

Решение дифференциального уравнения (1) относительно расстояния  $r$  позволяет получить следующее уравнение:

$$\ln I_p - \ln I_\beta = -kr, \quad (9)$$

Преобразование формулы (9) приводит к следующей формуле

$$r_3 = \frac{1}{k} \ln \frac{I_\beta}{I_p} = -kr \quad (10)$$

где  $r_3$  – радиус зоны загрязнения окружающей среды, м;

Если воспользоваться формулами интенсивности газовой выделенности и распространения, то получим для радиуса зоны загрязнения выражение

$$r_3 = \frac{N_3 w_{\text{вб}}}{u \cdot N_{\text{пдк}}} \quad (11)$$

где  $N_3$  – загазованность атмосферы предприятия,  $\text{кг/м}^3$ ;  $w_{\text{вб}}$  – скорость выброса вредных веществ из источника, м/с;  $u$  – среднесуточная скорость атмосферного воздуха окружающей среды, м/с;  $N_{\text{пдк}}$  – предельно допустимая концентрация газообразных веществ,  $\text{кг/м}^3$ .

Радиус зоны загрязнения можно выразить через разницу давлений по следующей формуле

$$r_3 = \frac{1}{k} \ln \frac{\Delta P}{3 w_{\text{вб}} N_{\text{пдк}} u} \quad (12)$$

где  $\Delta P$  – разность давлений,  $\text{м/м}^2$ .

Все величины входящие в формулу (12) определяются экспериментально, с достаточно большой точностью.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинов Н.Н. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. М.: Гостоптехиздат. 1961.

### АТМОСФЕРАНЫҢ НҮКТЕЛІ ЖӘНЕ АУМАҚТЫ КӨЗДЕРДЕН ГАЗ ТӘРІЗДЕС ЗАТТАРМЕН ЛАСТАНУЫН БАҒАЛАУ

А.Н. Нысанғалиев  
Т.К. Ахмеджанов  
А.Ш. Бейсембинова  
З.М. Төлемісова  
К.Б. Қошанова

*Атмосфераның мұнай және мұнай өнімдерінен шыққан газ -  
тәріздес заттармен ластанған аймағының радиусын есептеуге  
арналған қарапайым математикалық үлгі ұсынылған.*