

Қазақстан республикасының  
қоршаған ортаны қорғау  
Министрлігі

Республикалық мемлекеттік  
"Қазгидромет" кәсіпорны

Министерство охраны  
окружающей среды Республики  
Казахстан

Республиканское  
государственное предприятие  
"Казгидромет"

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

Әр тоқсанда шығарылатын  
Ғылыми-техникалық журнал

## № 4

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

АЛМАТЫ  
2002



## **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; Искаков Н.А., канд. экон. наук, Чередниченко В.С., доктор геогр. наук; Чигаркин А. В., доктор геогр. наук.*

## **РЕДКОЛЛЕГИЯ**

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

## **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

**№ 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:	54-22-63
E-mail:	general@kniimask.almaty.kz

---

Подписано к печати 29.12.2002. Формат 70x100/16. Печать офсетная.  
Бумага офсетная. Объем 32,8 п.л. Тираж 500 экз. Заказ 10  
Цена договорная.

---

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

**П. А. Черкасов**

Температура воздуха в пределах Заилийско-Кунгейской горной ледниковой системы. . . . . 8

**О. Е. Семенов, А. П. Шапов, О. С. Галаева**

Подвижные пески юго-восточного Прибалхашья. . . . . 24

**А. Айдосов**

Прогнозирование распространения сероводорода при анарийных выбросах в атмосферу. . . . . 37

**О. Е. Семенов**

О методике определения вертикального потока массы тяжелой быстро оседающей примеси. . . . . 47

**С. М. Койбаков**

Математическое моделирование ветрового заноса выемок каналов. . . . . 55

**М. Ж. Бурлибаев, А. А. Волчек, Н. Н. Шпендик**

О роли статистической структуры полей баланса естественного увлажнения почв при обосновании оросительных норм и экологического стока рек. . . . . 70

**Л. В. Федотова, И. Д. Мангул, Н. Н. Казмалы**

Возможность получения максимальной урожайности в засушливых условиях южной молдавской степи. . . . . 82

**Л. В. Федотова**

Эрозия почв и борьба с ней на юге Республики Молдова. . . . . 87

**С. П. Шиварева, Л. М. Соколова**

Особенности ветровых сгонов морской воды на казахстанском побережье Каспийского моря. . . . . 91

**М. Г. Баженов, М. Х. Сарсенбаев**

Суммарное испарение с речного бассейна и адаптивные мелиорации в вододефицитных районах. . . . . 102

<b>О.К. Карлыханов</b>	
К вопросу восстановления Малого Арала. ....	111
<b>Б.С. Степанов, Р.К. Яфязова</b>	
О влиянии селеформирующих факторов на объемы конусов выноса. ....	116
<b>Э.А. Турсунов</b>	
Перенос наносов на горных реках в постселевые периоды. .	125
<b>А.Х. Хайдаров</b>	
О селевом картографировании. ....	131
<b>Ж.М. Жаппарова, С.С. Нуркеев</b>	
Содержание тяжелых металлов в атмосферном воздухе города Алматы. ....	149
<b>Ж.С. Мустафасв, А.Т. Козыкеева, Л.Ж. Мустафаева, К.Ж. Мустафасв, К.Б. Койбагарова</b>	
Методологические основы всестороннего анализа природно-деятельностной системы как среды обитания человека. .	156
<b>Г.В. Гельдыева, Ш.М. Надыров</b>	
Роль межгосударственных факторов в регулировании и управлении развитием Аральской природно-хозяйственной системы. ....	175
<b>С.К. Ахметов</b>	
Ключевые проблемы и стратегические направления управления трансграничными водными ресурсами в бассейне Аральского моря: национальные перспективы. ...	190
<b>А.К. Заурбек, С.Ж. Сулейменова</b>	
К классификации природоохранных мероприятий. ....	208
<b>Л.Ж. Мустафаева</b>	
Экономико-экологическая оценка использования водно-земельных ресурсов бассейна реки Сырдарья. ....	218

<b>Ю.М. Попов, К.К. Калыбаев, Е.А. Тажмагамбетов</b>	
О методах разработки оценки воздействия на окружающую среду проектируемых объектов нефтегазового комплекса. .	228
<b>Б.Б. Дусипов, У.К. Махамбетова</b>	
Современные экологические проблемы нефтяных отходов.	241
<b>М.М. Утегенов, З.Н. Алтаева, Б.Б. Дусипов, З.А. Естемесов, У.К. Махамбетова</b>	
Экологическая стратегия развития нефтяной отрасли. . . .	245
<b>Т.К. Султанбеков, З.Н. Алтаева</b>	
Некоторые экологические показатели в оценке безопасности городских строительных отходов. . . . .	249

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

**P.A. Cherkasov**

Air temperature of the Zailisko-Kungey mountain glacial system. . . . . 8

**O. E. Semenov, A.P. Shapov, O.S. Galayeva**

Mobile sands of the Southeast Balkhash region. . . . . 24

**A. Aidosov**

Forecasting of the hydrogen sulphide distribution at the result emergency emissions to the atmosphere. . . . . 37

**O.E. Semenov**

About the vertical mass flow definition technique of the heavy quickly settling pollutant. . . . . 47

**S.M. Koibakov**

Mathematical modelling of wind drift channels. . . . . 55

**M.Zh. Burlibayev, A.A. Volchek, N.N. Shpendik**

About a role of the field's statistical structure of the natural wetting soil balance at a reasons of the water requirements and an ecological river runoff. . . 70

**L.V. Fedotova, I.D. Mangul, N.N. Kazmaly**

The possibility to get of the maximal yields in the arid conditions of the Southern Moldavian steppe. . . . . 82

**L.V. Fedotova**

Soil drifting and it's control in the South of the Moldova Republic. . . . . 87

**S.P. Shivaryova, L.M. Sokolova**

Features of the sea level lowering phenomena induced by wind effect at the Kazakhstan coast of the Caspian Sea. . . . . 91

**M.G. Bazhenov, M.KH. Sarsenbayev**

Total evaporation from river basin and adaptive irrigation in the water-scarce areas. . . . . 102

**O.K. Karlykhanov**

To a question of the Small Aral restoration. . . . . 111

**B.S. Stepanov, R.K. Yafyazova**

On influence of the mudflow-forming factors on volumes of debris cones. . . . . 116

<b>E.A. Tursunov</b>	
Sediment's transportation on the mountain rivers after mudflow periods. . . . .	125
<b>A.KH. Khaidarov</b>	
About mudflow mapping. . . . .	131
<b>ZH.M. Zhapparova, S.S. Nurkeyev</b>	
The heavy metal load in atmospheric air of the Almaty city. . . . .	149
<b>ZH.S. Mustafayev, A.T. Kozykeyeva, L.ZH. Mustafayeva, K.ZH. Mustafayev, K.B. Koibagarova</b>	
Methodological bases of the total analysis natural-activity systems as the native person habitat. . . . .	156
<b>G.V. Geldyeva, SH.M. Nadirov</b>	
Role of the interstate factors for regulation and development manage- ment of the Aral natural-economic system. . . . .	175
<b>S.K. Akhmetov</b>	
Main problems and strategic directions of the interboundary water re- sources of Aral sea basin management: national perspectives. . . . .	190
<b>A.K. Zaurbek, S.ZH. Sulcimenova</b>	
To classification of nature protection actions. . . . .	208
<b>L.ZH. Mustafayeva</b>	
Economic-ecological estimation of use water-soil resources of the Syr- Dar'ya river basin. . . . .	218
<b>YU.M. Popov, K.K. Kalybayev, E.A. Tazhmagambetov</b>	
To the development methods on an environment influence assessments of oil-and-gas complex designed objects. . . . .	228
<b>B.B. Dusipov, U.K. Makhambetova</b>	
Modern ecological problems of the petroleum waste products. . . . .	241
<b>M.M. Utegenov, Z.N. Altayeva, B.B. Dusipov, Z.A. Estemesov, U.K. Makhambetova</b>	
Ecological strategy of the petroleum branch's development. . . . .	245
<b>T.K. Sultanbekov, Z.N. Altayeva</b>	
Some ecological parameters for an estimation of the safety of city building waste products. . . . .	249

УДК 551.524.2/3

**ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА В ПРЕДЕЛАХ ЗАИЛИЙСКО-  
КУНГЕЙСКОЙ ГОРНОЙ ЛЕДНИКОВОЙ СИСТЕМЫ**

Доктор геогр. наук

П.А. Черкасов

*Описана методика расчёта средней суточной температуры воздуха для любой точки трёхмерного пространства в пределах Заилийско-Кунгейской ледниковой системы.*

На основе систематических 40-летних исследований условий существования оледенения Джунгарского Алатау разработаны теория, методы расчёта и программы, которые позволяют воспроизводить полную картину формирования всех составляющих водно-ледового баланса на физической поверхности каждого ледника в пределах бассейнов рек ледниковой системы; установить закономерности пространственных изменений внешнего оборота массы и роль расходной части баланса в стоке отдельных рек за конкретный балансовый год [5]. Часть методических приёмов опубликована в отдельных статьях [8, 9].

Главными условиями существования горных ледников, являются: их расположение на склонах хребтов или между ними в виде разрозненных масс льда различной величины, ориентированных в разных направлениях относительно сторон света и наклонённых под разными углами к горизонту. Основную роль в энергетическом балансе ледников играет солнечная радиация; роль теплообмена с воздухом вторична [6, 7]. Ледники подчиняются общеклиматическому режиму баланса тепла и влаги, что приводит к изменению их размеров, но взаимного влияния они почти не оказывают. Каждый ледник "живёт" в присущих только ему условиях питания и абляции.

Характерными погодными признаками существования ледников природной зоны с аридными условиями климата являются: устойчивый зимний антициклон, низкая температура воздуха, летний пик осадков (около 60 % от годовой суммы) и совмещение процессов аккумуляции и абляции с тёплым периодом года.



Модельный комплекс состоит из ряда самостоятельных задач, результаты решения которых являются материалом для следующих задач. Сюда относятся:

- два метода определения средней суточной температуры воздуха и общей облачности для любого ледника в пределах ледниковой системы;
- метод расчёта зимних снеготпасов и летних осадков на площади ледника с учётом физического строения его поверхности;
- метод расчёта температурного коэффициента таяния снега и льда в любой точке физической поверхности ледника с учётом восьми переменных: типа ледника, абсолютной высоты, ориентации, угла наклона, альбедо, температуры воздуха, общей облачности и склоновых коэффициентов инсоляции за каждый день абляционного периода;
- метод расчёта склоновых коэффициентов инсоляции, в котором учитываются четыре группы типов ледников, восемь азимутов ориентации склонов, углы их наклона и дата календарного года;
- расчёт составляющих и баланса внешнего массообмена на физической поверхности каждого ледника системы: зимней аккумуляции (зимнего баланса), летней и годовой аккумуляции, возможной годовой абляции, внутреннего питания, абляции, поступившей в сток, летнего баланса и годового баланса;
- определение доли талой ледниковой составляющей в стоке каждой реки ледниковой системы за конкретный балансовый год;
- метод расчёта запасов льда в ледниках и прогноза их эволюции.

Результаты расчётов могут быть использованы для характеристики климата горной страны – изменения региональных зависимостей полей температуры воздуха и общей облачности от географической широты, долготы и абсолютной высоты места во взаимодействии с особенностями планетарной циркуляции атмосферы. В этой статье изложен метод определения средней суточной температуры воздуха.

Для удобства при определении места расположения ледников и метеорологических станций (М) в работе мы избрали условную систему координат. Исследования ограничены территорией от точки  $43^{\circ}$  с. ш. по 75 км к югу и северу и от точки  $77^{\circ}15'$  в. д. по 185 км к западу и востоку. Эти географические координаты точки соответствуют примерно центральному положению на площади Заилийско-Кунгейской ледниковой системы, входящей в пределы этого прямоугольника.

Для изучения режима горизонтальных и вертикальных градиентов нами были использованы: 1 – средние многолетние месячные температуры воздуха на 27 метеорологических станциях Гидрометслужбы Казахстана [2] и Киргизии [3]; 2 – метеорологические наблюдения на ледниках Заилийского Алатау за период с 1957 по 2000 гг., проводимые институтом географии.

### *Пространственные изменения температуры воздуха в пределах ледниковой системы*

Используя этот массив информации, для каждого месяца года были построены ориентировочные кривые распределения средних суточных средних месячных норм температуры воздуха с высотой. По этим графикам температуры воздуха для всех М были приведены к высоте  $z_0$  – самому нижнему пределу их расположения на данной территории. В нашем случае  $z_0 = 300$  м над уровнем моря.

На основе полученной информации о приведённой температуре воздуха, к высоте  $z_0$  ( $T_{z_0}$ ), и данных о местоположении М (плановых условных координатах) для всех месяцев года были построены графики связи  $T_{z_0}$  с широтой места  $\varphi$ . Графики были аппроксимированы полиномом первой степени, поскольку на протяжении выбранных 150 км установленная зависимость носила линейный характер:

$$T_{z_0}(\varphi) = A_0 + (A_1 \cdot L_\varphi), \quad (1)$$

где  $L_\varphi$  – расстояние до М, в км,  $A_0$  и  $A_1$  – коэффициенты.

Как эта, так и последующие связи (о которых пойдёт речь ниже) были аппроксимированы степенными многочленами по методу наименьших квадратов [1]. Для расчёта использован алгоритм и программа общего случая квадратического приближения функции одной переменной [10].

Степень связи  $T_{z_0}$  с широтой места  $\varphi$  (на расстоянии 150 км в пределах Заилийско-Кунгейской ледниковой системы) определена по коэффициенту корреляции  $r$ . Степень несогласованности линий регрессии между параметрами названной связи оценена величиной разброса  $\sigma_x$  и относительной ошибки рассеивания  $\Delta x$ , %. Коэффициенты полиномов и оценки степени связей за все месяцы года приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты полиномов аппроксимации изменения  $T_{z_0}$  в зависимости от широты места  $\varphi$ , степень их связи и градиенты  $\Delta T_{z_0}(\varphi)$

Месяц	Коэффициенты полиномов		Степень связи $T_{z_0}$ с $\varphi$			$\Delta T_{z_0}(\varphi)$
	$A_0$	$A_1$	$r_r$	$\sigma_{\text{в}} \text{ } ^\circ\text{C}$	$\Delta x, \%$	$^\circ\text{C}/\text{км}$
1	-10,60	-0,021	0,54	1,14	7	-0,0214
2	-7,23	-0,026	0,58	1,22	11	-0,0256
3	2,34	-0,017	0,52	0,94	84	-0,0169
4	10,77	-0,006	0,21	0,80	8	-0,0063
5	18,79	-0,009	0,44	0,65	2	-0,0094
6	23,24	-0,006	0,26	0,72	2	-0,0055
7	26,01	-0,003	0,11	0,85	2	-0,029
8	24,47	-0,004	0,17	0,87	3	-0,0044
9	19,74	-0,015	0,46	1,01	4	-0,0150
10	10,60	-0,018	0,58	0,85	7	-0,0176
11	1,23	-0,022	0,57	1,10	164	-0,0223
12	-6,55	-0,020	0,50	1,17	12	-0,0198

*Примечание:*  $\Delta T_{z_0}(\varphi)$  - пространственный широтный градиент температуры воздуха на изучаемой территории. Знак градиента соответствует направлению с юга на север.

Аппроксимирующие прямые, полученные по указанным выше коэффициентам полиномов приведены на рис. 1а.

Из данных табл. 1 видно, что степень связи  $T_{z_0}$  с географической широтой на изучаемой территории невелика. Это зависит с одной стороны от влияния орографии, способствующей возникновению широкого диапазона микроклиматических условий, а с другой - от небольшой протяженности изучаемой территории с севера на юг (150 км). Кроме того, в течение года степень этой связи постоянно изменяется. В зимние (I, II, XI, XII) и летние (VI, VII) месяцы, когда над Заилийско-Кунгейской ледниковой системой и прилегающей территорией устанавливается антициклон, степень связи становится минимальной. В весеннее и осеннее время, при активном перемещении границы снежного покрова по широте степень связи

возрастает, так как увеличивается широтный температурный градиент. Максимальная величина разброса  $\sigma_t$  наблюдается в зимне-осеннее время, а минимальная - летом. Соответствующим образом ведут себя и относительные ошибки аппроксимации  $\Delta x, \%$ .

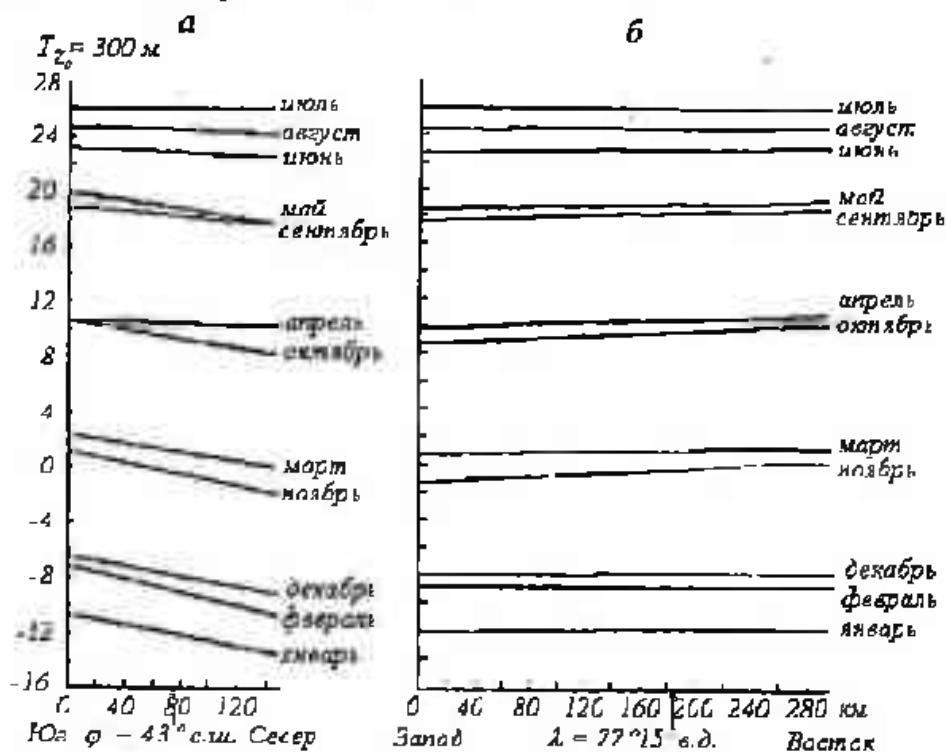


Рис. 1. Связь приведенной температуры воздуха с географической широтой  $\varphi$  (а) и долготой  $\lambda$  (б) в пределах территории Заилийско-Кунгейской ледниковой системы.

Есть и региональные особенности природы: с юга Кунгей Алатау буквально подпирает огромное зеркало водной поверхности оз. Иссык-Куль, а с севера Заилийского Алатау идут сухие степи, переходящие в полупустыню. Создаются своеобразные особенности для формирования широтных градиентов температуры воздуха в летнее время. Они заметно больше, чем в Джунгарском Алатау, где этих особенностей нет [9].

Используя коэффициенты (табл. 1), средние месячные температуры воздуха  $T_{z_0}$  для каждого месяца года по 27 М, расположенным на изучаемой территории на расстоянии 370 км по долготе, были приведены к  $43^\circ$  с.ш., соответствующей средней широте Заилийско-Кунгейской ледниковой системы.

Полученные данные легли в основу построения зависимости  $T_{z_0}$  от географической долготы  $\lambda$ :

$$T_{z_0}(\lambda) = A_0 + (A_1 \cdot L_\lambda). \quad (2)$$

Коэффициенты полиномов и степень связи приведены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты полиномов аппроксимации изменения  $T_{z_0}$  в зависимости от долготы места  $\lambda$ , степень их связи и градиенты  $\Delta T_{z_0}(\lambda)$

Месяц	Коэффициенты полиномов		Степень связи $\Delta T_{z_0}$ с $\lambda$			$\Delta T_{z_0}(\lambda)$
	$A_0$	$A_1$	$r_y$	$\sigma_y, ^\circ\text{C}$	$\Delta y, \%$	$^\circ\text{C}/\text{км}$
1	-12,14	0,000	0,01	1,15	7	-0,0001
2	-8,81	-0,002	0,12	1,21	11	-0,0020
3	0,89	0,001	0,08	0,92	219	0,0010
4	9,78	0,003	0,24	0,97	7	0,0031
5	17,66	0,003	0,30	0,62	2	0,0026
6	22,70	0,001	0,05	0,78	2	0,0005
7	25,93	-0,001	0,07	0,84	2	-0,0008
8	24,17	0,000	0,02	0,86	3	-0,0002
9	18,42	0,001	0,09	0,99	4	0,0011
10	8,74	0,004	0,34	0,80	7	0,0039
11	-0,95	0,003	0,21	1,06	105	0,0030
12	-7,95	-0,001	0,03	1,16	12	-0,0005

*Примечание:* Здесь  $\Delta T_{z_0}(\lambda)$  соответствует среднему долготному градиенту температуры воздуха на данной территории. Знак градиента соответствует направлению с запада на восток.

Аппроксимирующие прямые, полученные по указанным в табл. 2 коэффициентам полиномов, приведены на рис. 16.

Результаты расчётов показывают, что степень тесноты связи  $T_{z_0}$  с географической долготой  $\lambda$  на изучаемой территории оказывается ещё меньше, чем с широтой, особенно в те же зимние и летние месяцы. В весеннее и осеннее время она возрастает, но не настолько, чтобы считать её достаточно надёжной. Это связано с тем, что изменение температуры воздуха по долготе происходит медленнее, чем по широте: в среднем за год градиент температуры воздуха по долготе  $\Delta T_{z_0}(\lambda)$  на изучаемой территории оказывается в 3,3 раза меньше, чем по широте  $\Delta T_{z_0}(\varphi)$ . Тем не менее,

полученные в течение года данные сохраняют совершенно определённую направленность процессов. Степень связи  $r_y$ ,  $\sigma_y$  и  $\Delta T_{z_0}(\lambda)$  в зимнее и летнее время (так же как и по широте) уменьшается, а весной и осенью растёт, величина разброса  $\sigma_y$  летом меньше, чем зимой.

Используя средние многолетние средние месячные температуры воздуха  $T_{z_0}$  и  $M$ , приведённые к высоте  $z_0$   $\Delta T_{z_0}$ , а также широтные  $\Delta T_{z_0}(\varphi)$  и долготные  $\Delta T_{z_0}(\lambda)$  градиенты этих температур (см. табл. 1 и 2), по формуле

$$T_{z_0}(\varphi, \lambda) = T_{z_0} + \Delta T_{z_0}(\varphi) + \Delta T_{z_0}(\lambda) \quad (3)$$

были вычислены температуры воздуха в "центральной" точке Заилийско-Кунгейской ледниковой системы.

Изменения температуры воздуха между  $M$  и этим пунктом определяются по формулам:

$$\Delta T_{z_0}(\varphi) = L_\varphi \cdot \Delta T_{z_0}(\varphi), \quad (4)$$

$$\Delta T_{z_0}(\lambda) = L_\lambda \cdot \Delta T_{z_0}(\lambda), \quad (5)$$

где  $L_\varphi$  и  $L_\lambda$  - расстояния по широте и долготе между  $M$  и точкой наблюдения, в км.

Расчёты ряда характеристик меры рассеивания результатов определения средних месячных температур воздуха в указанной точке приведены в табл. 3.

Полученные значения меры рассеивания означают среднюю точность, с которой можно определить температуру воздуха зимой и летом в любой точке изучаемой площади, относительно известных данных на  $M$ , по формулам (3 - 5) на высоте  $z_0$ , км.

#### ***Определение средней суточной температуры воздуха на заданной высоте по средним месячным кривым её вертикального распределения в течение года***

Используя полученные широтные  $\Delta T_{z_0}(\varphi)$  и долготные  $\Delta T_{z_0}(\lambda)$  градиенты температуры воздуха (принимаемые за постоянную величину как для каждого месяца года, так и любого-высотного уровня) и средние месячные температуры воздуха на  $M$ , соответствующие их абсолютным высотным уровням  $\Delta T_{z_0}$ , по формулам (3, 4, 5) были определены аналогичные темпера-

туры воздуха в центральной точке Заилийско-Кунгейской ледниковой системы с координатами  $\varphi = 43^\circ$  с. ш.,  $\lambda = 77^\circ 15'$  в. д., которые выстроились по вертикали от  $z_0 = 0,3$  км до  $z = 3,7$  км над ур. м. и были уже достаточно свободны от влияния микроклимата конкретных М, рис. 2а.

Таблица 3

Мера рассеивания средней многолетней средней месячной температуры воздуха  $T$  для точки с координатами  $\varphi = 43^\circ$  с. ш.,  $\lambda = 77^\circ 15'$  в. д. с учётом широтных и долготных градиентов для высотного среза  $z_c$ , км

Месяц	Ср. арифм. ряда $T_{x,y}$	Ср. абсол. отклонение $d_{x,y}$	Ср. квад- рат. откло- нение $\sigma_{x,y}$	Дисперсия $\sigma_{x,y}^2$	Относит. ошибка рассеиван. x, y, %
1	-12,2	0,9	1,1	1,3	7,2
2	-9,2	1,0	1,2	1,5	11,1
3	1,1	0,8	0,9	0,9	69,1
4	10,4	0,8	1,0	0,9	7,6
5	18,2	0,5	0,7	0,5	2,9
6	22,8	0,6	0,7	0,5	2,5
7	25,7	0,7	0,8	0,7	2,8
8	24,2	0,7	0,8	0,7	3,0
9	18,6	0,8	1,0	1,0	4,3
10	9,3	0,7	0,8	0,7	7,4
11	-0,4	0,9	1,1	1,2	37,7
12	-8,1	1,1	1,3	1,7	13,6

Данные этих расчётов за каждый месяц года были аппроксимированы по методу наименьших квадратов. Наилучшее приближение во всех случаях дали полиномы четвёртой степени:

$$T_z = A_0 + A_1 \cdot z + A_2 \cdot z^2 + A_3 \cdot z^3 + A_4 \cdot z^4, \quad (6)$$

где  $z$  — абсолютная высота точки, км.

Коэффициенты полиномов связи средней месячной температуры воздуха с высотой места за каждый месяц года приведены в табл. 4.

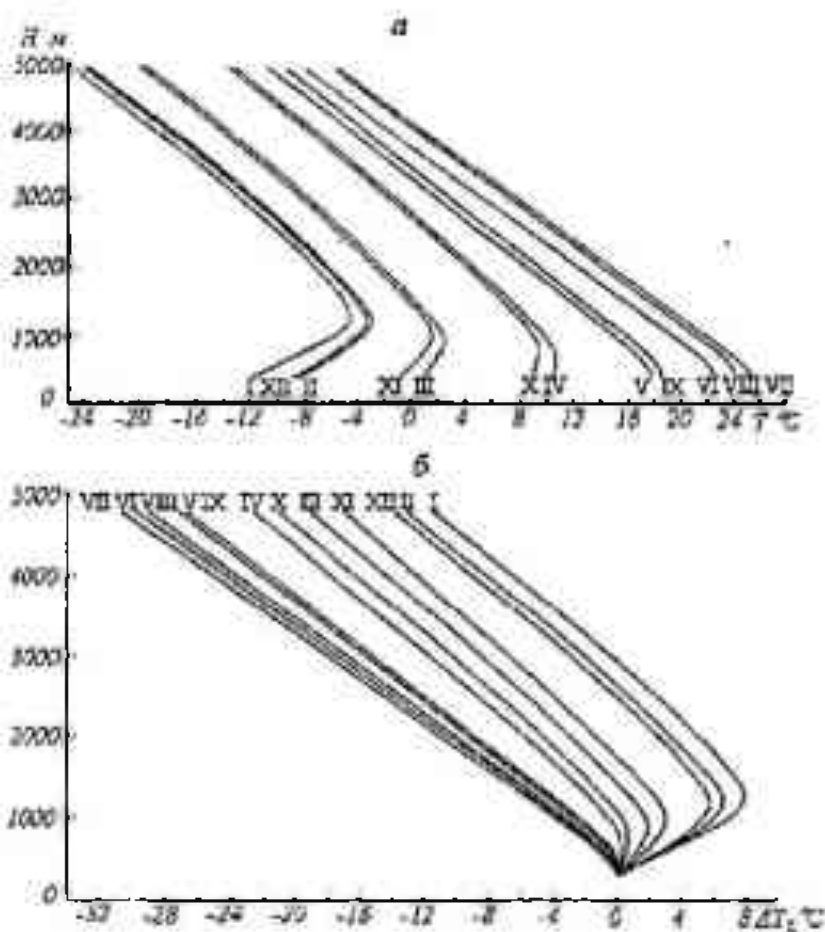


Рис. 2. Связь средних месячных температур воздуха  $T$  с высотой  $z$  в интервале 0,3 – 0,5 км «в центральной точке» Зашийско-Кунгейской ледниковой системы ( $\varphi = 43^\circ$  с. ш.,  $\lambda = 77^\circ 15'$  в. д.) (а); и разность средних суточных температур воздуха  $\Delta T_z$  между  $\Delta T_{z_1} = 0,3$  км и  $T_{z_1}$  на любой другой высоте до  $z_1 = 5$  км в этой точке (б).

На рис. 2а видно, что с октября до января в нижних слоях атмосферы идёт процесс формирования и углубления температурных инверсий. В октябре их максимум располагается на высоте 800 м, а в январе - 1300 м. Затем начинается обратный процесс: понижение высотного уровня инверсии, который заканчивается в апреле. Выше зоны инверсии воздух начинает адиабатически охлаждаться, но этот процесс носит нелинейный характер, с высотой температурный градиент растёт.

В мае - августе до высоты 500 м воздух сильно прогревается. В результате активного турбулентного перемешивания градиент его температуры заметно уменьшается. Выше указанного уровня в атмосфере устанавливается процесс нормального адиабатического охлаждения: температура воздуха понижается линейно, то есть её градиент остаётся постоянным.



Таблица 4

Коэффициенты полиномов аппроксимации связи средних месячных температур воздуха с высотой в интервале высот 0,3...5 км в центральной части Заилийско-Кунгейской ледниковой системы и степень их связи

Месяц	Коэффициенты полиномов					Степень связи $T_{0,1} = f(z)$		
	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$r_{x,y}$	$\sigma_p, ^\circ\text{C}$	$\Delta y, \%$
1	-19,52	25,78	-14,94	3,03	-0,22	0,999	0,29	2,74
2	-14,61	21,43	-13,21	2,75	-0,21	0,999	0,26	3,54
3	-1,35	9,51	-7,77	1,68	-0,13	0,999	0,19	9,11
4	10,20	3,06	-4,52	0,96	-0,07	0,999	0,13	2,80
5	19,03	-2,21	-2,48	0,58	-0,05	0,999	0,10	1,38
6	24,37	-3,62	-2,00	0,48	-0,04	0,999	0,12	1,37
7	27,29	-4,35	-1,63	0,40	-0,03	1,000	0,08	0,94
8	25,60	-2,60	-2,57	0,62	-0,05	0,999	0,11	1,34
9	19,59	-1,46	-2,98	0,71	-0,06	0,999	0,13	2,10
10	7,85	5,43	-5,63	1,19	-0,09	0,999	0,12	4,12
11	-4,19	12,90	-9,49	2,05	-0,16	0,999	0,20	13,77
12	-14,97	21,32	-13,09	2,71	-0,20	0,999	0,25	3,16

Были определены разности средних месячных температур воздуха  $\Delta T_z$  между  $T_{z_0}$  и  $T_z$  на любой другой высоте (с интервалом через 0,1 км), до высоты 5 км по формуле:

$$\Delta T_z = T_z - T_{z_0} \quad (7)$$

В этом случае разность температур воздуха на уровне  $z_0$  будет всегда равна 0 °С. Результаты расчётов показаны на рис. 2б, где чётко выделяются две группы линий разности средних месячных температур воздуха: летняя (май - сентябрь) и зимняя (октябрь текущего года - апрель следующего года). Линии разности температуры летних месяцев собрались в плотную группу и с абсолютной высоты ~ 600 м практически прямолинейны, т.е. в это время года градиент средних суточных температур воздуха остаётся постоянным. В зимние месяцы года наблюдается резкий распад линий разности температуры воздуха; их нелинейность в связи с присутствием температурных инверсий, приводит к возникновению различных градиентов температуры воздуха как по высоте, так и по знаку.

Для повышения точности вычисления средней суточной температуры воздуха на абсолютной высоте  $z_0$  по данным о температуре воздуха на М за каждый месяц года, полученные кривые (рис. 2б) аппроксимировались по методу наименьших квадратов от  $z_0$  до  $z = 3,1$  км, т. е. до верхнего уровня расположения М в районе Заилийско-Кунгейской ледниковой системы (табл. 5)

Таблица 5

Коэффициенты полиномов аппроксимации разности средних месячных температур воздуха  $\Delta T_z$  между  $T_{z_0}$  и  $T_z$  на любой другой высоте до  $z = 3,1$  км в центральной части Заилийско-Кунгейской ледниковой системы ( $\varphi = 43^\circ \text{с. ш.}$ ,  $\lambda = 77^\circ 15' \text{в. д.}$ ) и степень их связи

Месяц	Коэффициенты полиномов					Степень связи $\Delta T_z$ с $z_c$		
	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$r_{\Delta T_z}$	$\sigma_{\Delta T_z}, \text{C}$	$\Delta y, \%$
1	-6,35	22,26	-10,18	0,67	0,16	0,99	0,30	11
2	-5,93	21,93	-12,85	2,21	-0,08	0,99	0,25	11
3	-3,78	15,56	-13,92	4,04	-0,43	0,99	0,12	7
4	-1,70	8,01	-9,68	2,99	-0,34	0,99	0,05	8
5	0,13	1,78	-6,75	2,31	-0,28	0,99	0,06	2
6	0,15	1,94	-8,03	2,96	-0,38	0,99	0,06	2
7	0,81	-1,08	-5,22	1,90	-0,24	1,00	0,05	1
8	0,11	2,16	-7,75	2,76	-0,35	0,99	0,08	2
9	-0,26	3,87	-8,76	3,09	-0,39	0,99	0,08	4
10	-2,32	9,97	-10,39	3,07	-0,34	0,99	0,08	15
11	-4,55	18,23	-14,72	3,97	-0,39	0,99	0,13	5
12	-5,75	21,00	-11,90	1,85	-0,03	0,99	0,26	12

Для вычисления средних суточных температур воздуха во всём высотном диапазоне гор (в том числе и высотном диапазоне расположения ледников), те же кривые за каждый месяц года (рис. 2б) аппроксимировались целиком (в нашем случае от  $z_0 = 0,3$  км до  $z = 5,0$  км, табл. 6). В обоих случаях наилучшее приближение для всех месяцев года дали полиномы четвёртой степени.

$$\Delta T_z = A_0 + A_1 \cdot z + A_2 \cdot z^2 + A_3 \cdot z^3 + A_4 \cdot z^4, \quad (8)$$

где  $z$  - абсолютная высота, в км.

Таблица 6

Коэффициенты полиномов аппроксимации разности средних месячных температур воздуха  $\Delta T_z$  между  $T_{z_0}$  и  $T_{z_c}$  до высоты 5 км в центральной части Заилийско-Кунгейской ледниковой системы и степень их связи

Месяц	Коэффициенты полиномов					Степень связи $\Delta T_{z_0, z_c}$		
	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$r_{xy}$	$\sigma_n$ , °C	$\Delta y$ , %
1	-7,12	25,78	-14,93	3,03	-0,22	0,999	0,28	6
2	-5,61	21,43	-13,21	2,75	-0,21	0,999	0,26	9
3	-2,04	9,50	-7,76	1,68	-0,13	0,999	0,19	9
4	-0,30	3,06	-4,52	0,96	-0,07	0,999	0,13	14
5	1,23	-2,22	-2,48	0,58	-0,05	0,999	0,10	4
6	1,66	-3,61	-2,00	0,48	-0,04	0,999	0,12	3
7	1,69	-4,36	-1,62	0,40	-0,03	1,000	0,08	2
8	1,40	-2,61	-2,57	0,61	-0,05	0,999	0,11	4
9	1,20	-1,47	-2,97	0,71	-0,06	0,999	0,13	5
10	-1,05	5,43	-5,63	1,19	-0,09	0,999	0,12	17
11	-2,99	12,90	-9,49	2,05	-0,16	0,999	0,20	7
12	-5,67	21,32	-13,08	2,71	-0,20	0,999	0,25	8

Алгебраическая разность между средней суточной температурой воздуха  $T_z(\varphi, \lambda)_c$  на высоте  $M z_c$  и «разностью» средней месячной температуры воздуха  $\Delta T_z$  между  $z_0 = 0,3$  км и  $z_c$  за конкретный месяц года приводит к определению средней суточной температуры воздуха  $T_z(\varphi, \lambda)_c$  на высоте  $z_0$  в пределах плановых координат МС

$$T_{z_0}(\varphi, \lambda)_c = T_z(\varphi, \lambda)_c - \Delta T_z \quad (9)$$

Средняя квадратическая ошибка  $\sigma = 0,03$  °C.

Алгебраическая сумма средней суточной температуры воздуха  $T_z(\varphi, \lambda)$  в заданной точке расположения ледника с координатами  $\varphi, \lambda$  (или относительными координатами  $x, y$ , в км) на высоте  $z_0$ , км и «разности» средней месячной температуры воздуха на заданной высоте  $z(\Delta T_z)$ , полученной за конкретный месяц года, позволяют определить среднюю

суточную температуру воздуха на заданной высоте  $T_z(\varphi, \lambda)$ , в том числе и в пределах ледника:

$$T_z(\varphi, \lambda) = T_{z_c}(\varphi, \lambda)_c + \Delta T_z. \quad (10)$$

Средняя квадратическая ошибка  $\sigma = 0,16$  °С.

Суммарные величины средних квадратических отклонений  $\sigma$  по  $\varphi$ ,  $\lambda$  и  $z$  при определении средних суточных температур воздуха в любой точке изучаемой территории, определялись по формуле:

$$\sigma_{\varphi, \lambda, z} = \pm \sqrt{\sigma_{\varphi}^2 + \sigma_{\lambda}^2 + \sigma_z^2}. \quad (11)$$

	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\sigma_{\varphi, \lambda, z}$ , °С	1,64	1,74	1,33	1,26	0,90	1,07	1,20	1,23	1,34	1,17	1,54	1,66

По данным О.И. Субботиной [4] распределение температуры воздуха в горах Средней Азии подчиняется тем же закономерностям: в первую очередь она зависит от высоты, затем от широты места, а долгота существенной роли не играет.

#### Алгоритм расчета

Описанная задача решалась при помощи алгоритма и программы SSTVG. Последовательно, относительно данных каждой привлечённой М производится следующий цикл вычислений.

Текущие данные какого-либо месяца года о средней суточной температуре воздуха, полученные на абсолютной высоте М, приводятся к абсолютной высоте (желательно кратной десятым долям км), проходящей ниже самой низко расположенной М из участвующих в расчётах  $z_0$ . В нашем случае высота  $z_0$  равна 0,3 км. По формуле (8) для данного месяца года (коэффициенты полиномов см. в табл. 5) вычисляется средняя многолетняя разность средней суточной температуры воздуха  $\Delta T_z$  между  $z_0$ , где  $\Delta T = 0$ , и  $z_c$ . В данном случае в формуле (8)  $z = z_c$ .

Затем определяется текущая средняя суточная температура воздуха на уровне  $z_0$ :

$$T_{z_0} = T_{z_c} - \Delta T_{z_c}. \quad (12)$$

По плановым условным геодезическим координатам М  $x_c$  и  $y_c$  и ледника (группы ледников или любой другой точки в пределах изучаемой

территории)  $x_n, y_n$  определяется расстояние между ними по широте  $\Delta x_\varphi$  и долготе  $\Delta y_\lambda$  в км.

$$\begin{aligned}\Delta x_\varphi &= x_n - x_c, \\ \Delta y_\lambda &= y_n - y_c.\end{aligned}\quad (13)$$

По расстояниям  $\Delta x_\varphi$  и  $\Delta y_\lambda$  и пространственным градиентам средних суточных температур воздуха за каждый месяц года  $\Delta T_{z_0}(\varphi)$  и  $\Delta T_{z_0}(\lambda)$ , приведённым в табл. 1 и 2, определяется величина приращения температуры воздуха  $\Delta T(\varphi)$  и  $\Delta T(\lambda)$  между названными точками:

$$\begin{aligned}\Delta T(\varphi) &= \Delta x_\varphi \cdot \Delta T_{z_0}(\varphi), \\ \Delta T(\lambda) &= \Delta y_\lambda \cdot \Delta T_{z_0}(\lambda).\end{aligned}\quad (14)$$

Средняя суточная температура воздуха данного месяца года в точке пространственных координат расположения ледника (или группы ледников)  $T_{z_0}$  определяется по формуле:

$$T_{z_0} = T_{z_0} + \Delta T(\varphi) + \Delta T(\lambda).\quad (15)$$

Аналогичным образом производятся вычисления текущей средней суточной температуры воздуха в точке плановых координат расположения ледника на уровне  $z_0$  по данным остальных М, расположенных в пределах изучаемой территории.

Результаты определения  $T_{z_0}$  по всем М региона усредняются по формуле (16), что приводит к исключению влияния микроклимата каждой М на конечный результат расчёта

$$\bar{T}_{z_0} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{z_0^i}}{n},\quad (16)$$

где  $i$  - порядковый номер М,  $n$  - общее число М.

По формуле (8) для каждого месяца года (коэффициенты полиномов см. в табл. 6) определяется средняя многолетняя разность средней суточной температуры воздуха  $\Delta T_{z_0}$  между  $z_0$ , где  $\Delta T = 0$  °С, и любым высотным уровнем в пределах ледника  $z_n$ . В данном случае в формуле (8)  $z = z_n$ .

Средняя суточная температура воздуха на заданном высотном уровне в пределах ледника  $T_z$  определяется по формуле

$$T_z = \bar{T}_{z_{0л}} + \Delta T_{z_n} \quad (17)$$

Предусмотрено два режима счёта: 1 – когда подсчёт средних суточных температур воздуха на всех ледниках горной страны ведётся для одних и тех же уровней с кратным шагом по высоте; 2 – когда средняя суточная температура воздуха определяется для любого высотного уровня.

Результаты счёта выдаются в виде таблицы, в которой для заданных высот точек на леднике  $z$  с плановыми координатами  $x$  и  $y$  за каждый день избранного периода печатаются средние суточные температуры воздуха. Предусмотрен вариант выдачи на печать средних значений температуры воздуха за период.

Кроме того, при необходимости, средние суточные температуры воздуха для любого интервала времени можно рассчитать при помощи вышеприведённых графиков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мак-Кракен Д., Дорн У. Численные методы и программирование на ФОРТРАНе. - М., Изд-во "Мир", 1977, 584 с.
2. Справочник по климату СССР, вып. 18 "Казахская ССР", часть 2. "Температура воздуха и почвы", Гидрометеиздат, 1966.
3. Справочник по климату СССР, вып. 32 "Киргизская ССР", часть 2. "Температура воздуха и почвы", Гидрометеиздат, 1966.
4. Субботина О.И. Влияние орографии на температурный режим в горах Средней Азии. Тр. САРНИГМИ, вып. 59, 1971, 123 с.
5. Черкасов П.А. Радиационный баланс физической поверхности горного ледника в период абляции. Из-во "Наука" КазССР, Алма-Ата, 1980, 143 с.
6. Черкасов П.А. К вопросу об основной гляциологической формуле – температурном коэффициенте таяния снега и льда на физической поверхности ледников. – Географические основы устойчивого развития республики Казахстан. Алматы. "Гылым", 1998, С. 17 – 43.
7. Черкасов П.А. Расчёт составляющих водно-ледового баланса внутриконтинентальной ледниковой системы на примере Джунгарского Алатау. Автореф. дис. д-ра геогр. наук, М., 1991.

8. 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.
9. Черкасов П.А., Диярова К.Ш., Вилесов Е.Н., Конева Л.П. Тепловой баланс и абляция на поверхности ледников хр. Джунгарский Алатау. Успехи Советской гляциологии. Материалы третьего всесоюзного гляциологического симпозиума. Изд-во "Илим", Фрунзе, 1968.
10. Шкута Ю.К., Инчин А.С. Алгоритмы и программа общего случая квадратического приближения функций одной переменной. – Алма-Ата, 1974, 11 с. Деп. в ВИНТИ. № 2144-74, УДК 618.5, зак. 2034.

Институт географии МОН РК

### **ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ КҮНГЕЙІНДЕГІ ТАУ МҮЗДАҚТАРЫ ЖҮЙЕСІ ШЕГІНДЕГІ АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫ МЕН ЖАЛПЫ БҮЛГІТІЛІК**

Геогр. ғылымд. канд. П.А. Черкасов

*Іле Алатауының күнгейіндегі тау мұздақтары жүйесіндегі үш өлшемдік кеңістіктің кез келген нүктесіне арналған ауаның орта тәуліктік температурасын есептеудің бірінші нұсқасын жасау әдісі суреттелген.*

УДК551.311.3+551.510.42

**ПОДВИЖНЫЕ ПЕСКИ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПРИБАЛХАШЬЯ**

Канд. физ. мат. наук О.Е. Семенов

А.П. Шапов

О.С. Галаева

*Приводятся координаты и площади подвижных песков в Юго-Восточном Прибалхашье. Наиболее крупный массив их располагается вокруг п. Матай на правом берегу р. Аксу, площадь которого достигает 16,8 км<sup>2</sup>. Характерная особенность всех подвижных песков этого региона — очень мелкий размер частиц и небольшая дисперсия распределения по размерам. Средний геометрический размер частиц песка  $x_0$  не превышает 110 мкм, среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров  $\sigma_{lg}$  менее 0,1. Векторы перемещаемой массы песка направлены, в основном, на ССВ...В.*

Значительную часть территории Южного Прибалхашья занимают песчаные пустыни. Многометровые толщи песчаных отложений образуют поверхности, покрытые редкой растительностью, либо совсем оголенные. Незакрепленные растениями пески легко подвергаются ветровому переносу. Однако, они более благоприятны для хозяйственного освоения по сравнению с другими типами пустынь, особенно если располагаются на подгорной равнине и более обеспечены водными ресурсами. Поэтому в Прибалхашье большее количество населенных пунктов располагается на окраинах песчаных массивов вблизи русел основных рек: Или, Каратала, Аксу и Лепсы. Именно возле населенных пунктов чаще всего и встречаются массивы подвижных песков, образующихся под влиянием недалеко-видной хозяйственной деятельности человека. Причиной их образования является перегрузка песчаных пастбищ. Образование подвижных песков — это полное разрушение биологической жизни ландшафта и потеря экономического потенциала территории, т.е. опустынивание в его заключительной конечной фазе.

Процесс естественного зарастания подвижных песков без вмешательства человека может длиться столетиями, так как в песчаной пустыне, в отличие от других ландшафтов, все определяется большой засушливо-



стью климата, засоленностью грунтовых вод и литологией подстилающей поверхности. Жесткая взаимосвязанность всех компонентов ландшафтов приводит к тому, что природные процессы протекают экстремально или на грани экстремальности [2].

Закрепление подвижных песков человеком, с помощью механических защит, посадки пескоукрепляющих растений и создание искусственных защитных покрытий стоит чрезвычайно дорого. Поэтому человек, осваивая пустыни, должен осознавать себя частью этой чрезвычайно уязвимой природной среды и знать о последствиях своей неразумной деятельности.

Экспедиция Казгидромета в 2002 году провела поиск подвижных песков в восточной части Южного Прибалхашья. Целью этих работ было определение площадей подвижных песков, их функций распределения по размерам. Координаты подвижных песков и их площади получены с помощью спутниковой системы определения местоположения Global Place System (GPS). Был обследован район, включающий левобережье р. Каратал, пески, примыкающие к долинам р. Лепсы и Аксу, дельтовые области р. Каратал, Аксу и Лепсы, а так же пески прибрежной зоны оз. Балхаш от дельты Аксу и до восточной оконечности озера. Исследования выполнялись маршрутным методом.

Для изучения дисперсного состава песков на массивах подвижных песков и в характерных точках маршрутов были отобраны образцы песков, которые затем, в лабораторных условиях были подвергнуты ситовому анализу по методике, изложенной в [3], и вычислены параметры функций распределения частиц по размерам (табл. 1).

Таблица 1

Параметры распределения частиц песка по размерам, отобранных с поверхности подвижных песков восточной части Южного Прибалхашья

№ образца	Характеристика песков и места отбора проб	Параметры распределения	
		$x_d$ мкм	$\sigma_{\varphi, z}$
7	$\varphi = 46^{\circ}06'$ , $\lambda = 78^{\circ}13'$ . Подвижный бархан у дороги в р-не пос. Кураксу	109	0,08
9	$\varphi = 46^{\circ}16'$ , $\lambda = 78^{\circ}25'$ . Массив подвижных песков	95	0,09
16	$\varphi = 46^{\circ}22'$ , $\lambda = 78^{\circ}44'$ . Подвижные пески восточнее поселка Кокжиде	95	0,10

Окончание табл.

№ образца	Характеристика песков и места отбора проб	Параметры распределения	
		$x_0$ мкм	$\sigma_{rel}$
21	$\varphi=46^{\circ}27'$ , $\lambda=79^{\circ}04'$ . Разъезд Арганты. Подвижный песок	106	0,16
22	$\varphi=46^{\circ}33'$ , $\lambda=79^{\circ}14'$ . Гряда возле дороги Актогай—Лепсы	101	0,12
24	$\varphi=46^{\circ}33'$ , $\lambda=79^{\circ}14'$ . Южнее разъезда Ак—Балык. Подвижный песок, $F = 0,1 \text{ км}^2$	113	0,13
<b>Массив подвижных песков в районе железнодорожной станции Матай</b>			
28	$\varphi=45^{\circ}53'$ , $\lambda=78^{\circ}46'$	90	0,08
29	Там же	101	0,08
30	Там же	109	0,09
31	У поймы р. Аксу	97	0,07
32	$\varphi=45^{\circ}54'$ , $\lambda=78^{\circ}46'$ . Подвижный бархан на южной оконечности массива	96	0,07
33	$\varphi=45^{\circ}53'$ , $\lambda=78^{\circ}43'$ . Юго-западная оконечность ст. Матай. Одиночный бархан в пойме	104	0,07
34	$\varphi=45^{\circ}55'$ , $\lambda=78^{\circ}44'$ . Крайняя северо-восточная окраина массива песков у Матай. Вершина бархана	95	0,08
35	$\varphi=45^{\circ}54'$ , $\lambda=78^{\circ}40'$ . Северо-западная точка отбора проб у р. Аксу	Не опр	
36	$\varphi=45^{\circ}54'$ , $\lambda=78^{\circ}41'$ . Подвижный песок вдоль р. Аксу	101	0,07
<b>Подвижные пески в долине р. Каратал</b>			
42	Подвижный песок в поселке Алмалы	117	0,09
43	Массив подвижных песков в 12 км от п. Доинчи. Вершина дюны	112	0,09
44	Там же. У основания дюны с северной стороны	110	0,08
45	Там же. У основания дюны с южной стороны	107	0,08
46	Подвижный песок на ВСВ от дюны	126	0,09
47	Отдельная гряда в пойме Каратала. Ширина — 500 м, длина — 1500 м	113	0,08

Рельеф рассматриваемой территории представлен пологоволнистыми, барханными, барханно-грядовыми и ячеистыми песками. Высота

гряд на левобережье Каратала увеличивается от 1...2 м на юге до 25...30 м в преддельтовой области. Межбархантные понижения сложены супесчаниками и суглинками, часто в значительной степени засоленными. На севере, в преддельтовой области р. Каратал и вдоль побережья оз. Балхаш, распространены песчаные солончаковые поверхности с выпотным режимом засоления. Пески, в основном, мелкие – средний геометрический размер частиц ( $x_0$ ) составляет от 95 до 120 мкм. Пески с такими размерами наиболее подвержены дефляционным процессам, так как имеют минимальную критическую скорость начала развевания.

Анализ одного из образцов песка, выполненный в ИГН им. К.И. Сатпаева минералогом К.Р. Плеховой, показывает, что пески этого региона относятся к полимиктовым. Минеральный состав этой пробы таков: кварц – 25 %, полевые шпаты и мелкозернистые обломки пород – 60 %, кальцит – 11 %, амфиболит (+ пароксен) – 4 %, рудные (ильменит?) и акцессорные – знаки.

По степени закрепленности растительностью пески относятся к полужакрепленным. Наименее закреплены пески на левобережье р. Каратал.

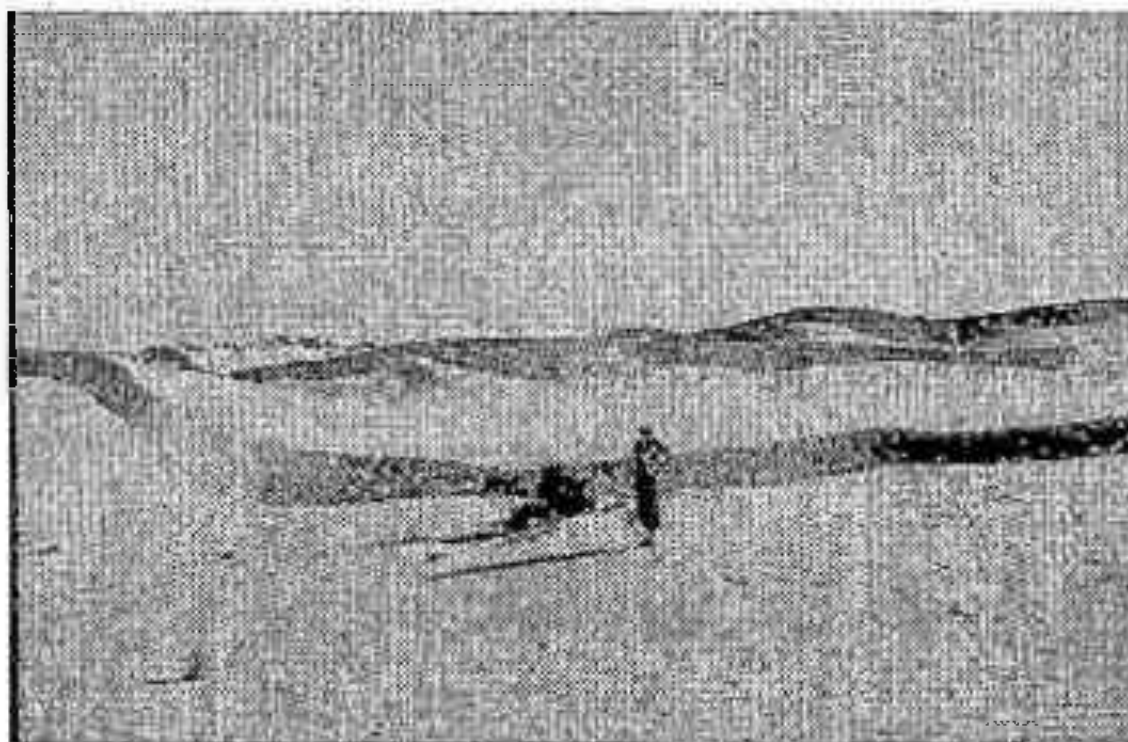
#### Подвижные пески в дельте р. Каратал

Подвижные пески на левом берегу р. Каратал вдоль автомобильного шоссе Уштобе – Колберлик встречаются довольно часто. Но они занимают небольшие площади, порядка нескольких десятков или сотен квадратных метров и не представляют серьезной угрозы ни движению транспорта, ни природной системе. Наиболее крупные из них по площади находятся в районе поселка Новостройка и два небольших подвижных бархана на 97 и 127 км трассы. Самые большие массивы незакрепленных песков находятся в дельте р. Каратал. В вершине дельты, в поселке Алмалы, на его северной окраине, подвижная невысокая барханная гряда наступает на хозяйственные и жилые постройки. Высота гряды 4 – 5 м. Гряда ориентирована с ВСВ на ЗЮЗ, её протяженность 580 м, ширина около 100 м, занимаемая площадь – порядка 58 000 м<sup>2</sup>. На теле гряды размещаются отдельные небольшие барханы. Дисперсный состав песка из гряды представлен в табл. 1, проба 42, средний геометрический размер частиц  $x_0$  – 117 мкм, среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров  $\sigma_{lgx} = 0,09$ . Пески этого размера можно отнести к подвижным.

Севернее, на территории дельты, одиночно расположены крупные подвижные дюны. В 5 км к ССЗ от поселка Доинчи находится самая большая из них. Длина её достигает 1,5 км, ширина – до 0,5 км. Дюна про-

стирается с ЗЮЗ на ВСВ. Её координаты  $\lambda = 77^{\circ} 17'$  в.д.,  $\varphi = 46^{\circ} 17'$  с.ш.. Поверхность песка в её западной части закреплена. Общая площадь подвижного песка достигает  $525\ 000\ \text{м}^2$ . Дюна сложена песком с параметрами  $x_0 = 113\ \text{мкм}$ ,  $\sigma_{\text{ex}} = 0,08$ , (проба 47, табл. 1)

Еще две дюны находятся в ССВ направлении от поселка Доинчи на расстоянии 12 км от него, рядом с автодорогой на Копберлик. Координаты ближней к дороге вершины дюны  $\lambda = 77^{\circ} 20'$  в.д.,  $\varphi = 46^{\circ} 19'$  с.ш.. На теле дюны расположены барханные цепи, ориентированные с С на Ю (Рис. 1). На этой дюне было отобрано три образца – с вершины (проба 43), у основания с северной (проба 44) и южной (проба 45) стороны. Площадь занимаемая этими подвижными песками достигает  $120\ 000\ \text{м}^2$ .



*Рис. 1. Подвижная дюна в 12 км от поселка Доинчи.*

Примерно в 1,5 км от неё на ВСВ находится ещё одна, несколько меньших размеров, дюна, площадь подвижных песков которой равна  $60\ 000\ \text{м}^2$ . Интересной особенностью её формы является наличие вершинной башни, образованной засыпанными песком зарослями тамарикса. Высота этой башни над поверхностью тела дюны достигает 7...8 м. Её координаты  $\lambda = 77^{\circ} 21'$  в.д.,  $\varphi = 46^{\circ} 20'$  с.ш.. ( $x_0 = 126\ \text{мкм}$ ,  $\sigma_{\text{ex}} = 0,09$ ).

В районе всех трех дюн имеются остатки давно разрушенных строений. Возможно, что причиной ухода людей из них стало образование подвижного песка?

Восточнее поселка Доинчи есть так же небольшой участок подвижного песка. В дельте р. Каратал в окружающих песках много высохших соленых озер. Поверхность их дна представляет солевые коры, состоящие из солей хлорида натрия (галита). Как известно, галитовые поверхности не подвергаются выдуванию. Поэтому в этом районе нет опасности ветрового выноса солей с этих осушенных водоемов.

### Подвижный песок в долине р. Аксу

В районе железнодорожной станции Матай расположен наиболее крупный во всем Южном Прибалхашье массив подвижных песков, окружающий этот крупный населенный пункт с трех сторон. На рис. 2 показаны занимаемые этими песками площади, которые достигают 16,5 млн. м<sup>2</sup> или 16,5 км<sup>2</sup> (15,8 км<sup>2</sup> без территории п. Матай, хотя перенос песка идет и в самом поселке).

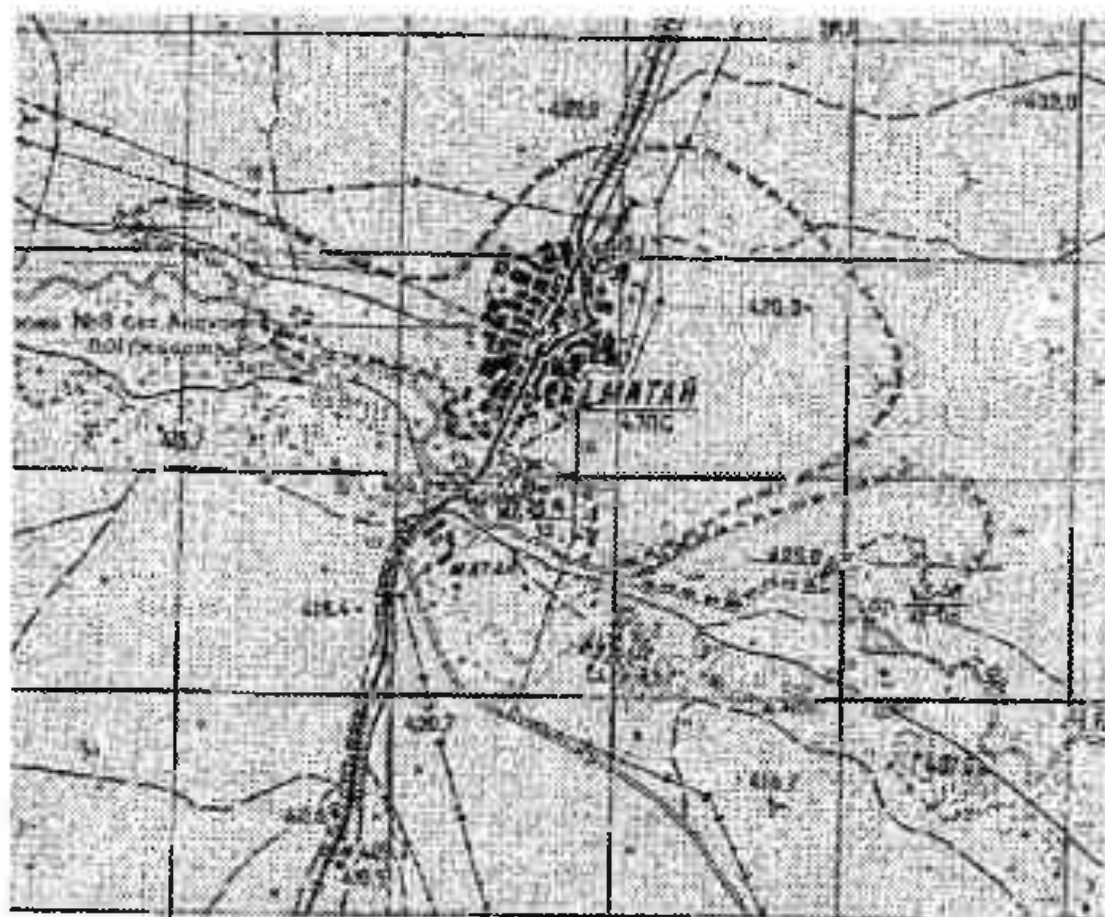



Рис. 2. Подвижные пески в районе п. Матай.  - граница массива подвижного песка.

Подвижный песок здесь хорошо описывается логнормальным распределением. Параметры распределения незначительно изменяются по площади массива. Рельеф песков отличается разнообразием и местами

сложным строением. Особенно это относится к массиву, расположенному южнее автодороги Уштобе-Лепсы. Песок во время бурь заносит поселок, железнодорожные строения и автомобильные дороги, наносы песка покрывают и площадку метеостанции Матай.

Рельеф песков в этом районе грядовый и бугристо-грядовый. Высота гряд составляет 15 – 20 м. По телу гряд повсеместно наблюдаются вторичные формы рельефа подвижных песков в виде мелких гряд, барханов и золовой ряби. Песок мелкий — средний геометрический размер частиц ( $x_0$ ) изменяется в пределах 90 – 110 мкм (образцы 28 – 34). Параметры распределения по размерам описываются логарифмически-нормальной функцией (рис. 3, проба 31). Отличительной особенностью песков является очень маленькая дисперсия,  $\sigma_{\text{лн}} = 0,07...0,08$  (вероятно, это самая минимальная величина  $\sigma_{\text{лн}}$  для всего Казахстана), практически полное отсутствие во всех образцах пылевых частиц (< 50 мкм), что объясняется, по-видимому, выносом этих частиц за пределы территории в результате длительной и интенсивной золовой переработки. Кроме того, в большинстве образцов присутствует более крупный песок (рис. 4, проба 34), содержание его в песке менее 0,5 %, но в некоторых местах количество этого песка в поверхностном слое повышено. Так склон на юго-западной окраине поселка, примыкающий к пойме р. Аксу, покрыт панцирем из этих частиц полностью.

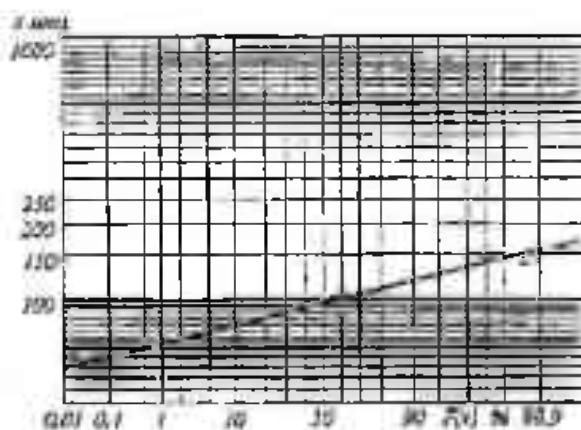


Рис. 3. Интегральная кривая распределения частиц песка по размерам, отобранного с вершины дюны (проба 31).

Эта поверхность так же представляет собой рябь, т.е. процессы золовой переработки поверхности, правда в меньших масштабах, наблюдаются и на очень крупном песке. Следует отметить, что наличие более крупного песка в небольших количествах характерно для большинства образцов дельтовых и околопойменных песков всего Южного Прибалхашья.

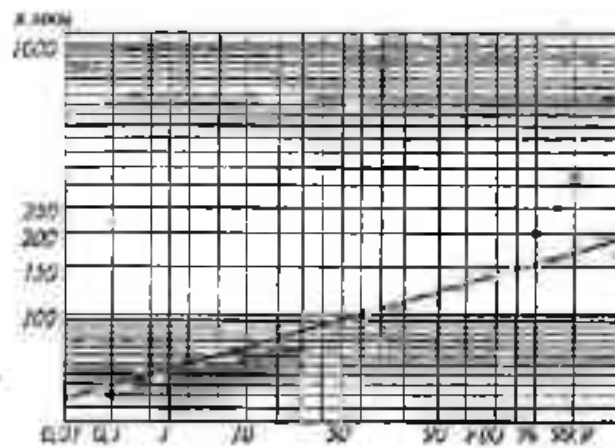


Рис. 4. Интегральная кривая распределения частиц песка по размерам, отобранного с вершины дюны (проба 34).

Ниже по течению р. Аксу, на правом берегу, северо-западнее поселка Кураксу находятся два подвижных бархана ( $\lambda = 78^{\circ} 12'$  в.д.,  $\varphi = 46^{\circ} 06'$  с.ш.), между которыми проходит автомобильная дорога. Один из барханов (западный) имеет высоту 9...10 м, второй значительно ниже - не более 3...4 м. Размер песка ( $x_0 = 109$  мкм,  $\sigma_x = 0,08$ , проба 7).

#### Подвижные пески в долине р. Лепсы

Подвижные пески в долине р. Лепсы антропогенного происхождения занимают сравнительно небольшие территории в районе поселков Коюжидс, Сары-Карын и Старый Еректы, площади их не превышают десятка тысяч квадратных метров ( $\leq 1$  га).

Наиболее крупные участки подвижных песков находятся на побережье озера Балхаш. Дюна, сложенная из очень крупного песка, с нормальной (Гауссовой) функцией распределения частиц по размерам ( $x = 280$  мкм,  $\sigma_x = 90$  мкм), тянется на десятки километров вдоль берега озера севернее ст. Лепсы и местами не закреплена растительностью. Её северное подножье является прекрасным пляжем и используется для организации зон отдыха. Крупный песок делает её мало подвижной и позволяет сохранять стационарное состояние. Ещё один участок подвижных песков находится на километровом удалении от берега залива Карашиган с координатами  $\lambda = 78^{\circ} 25'$  в.д.,  $\varphi = 46^{\circ} 16'$  с.ш.. Площадь его достигает  $0,5$  км<sup>2</sup>. Его происхождение неясно, так как вблизи нет населенных пунктов. Возможно, что здесь когда-то была животноводческая база, но следов её не видно. Размер песка  $x_0 = 95$  мкм,  $\sigma_x = 0,09$ , (проба 9).

## Подвижные пески вдоль Туркестано-Сибирской железной дороги

На участке Туркесба от ст. Уштобе на юге до разъезда Ак-Балык на севере нами обнаружены и обследованы подвижные пески в районе разъездов Кумтобе, Ак-Узьяк, ст. Матай (о ней написано выше), разъездов Арганты и Ак-Балык. В районе Кумтобе расположен подвижный бархан, сложенный из очень мелкого песка ( $x_0 = 103$  мкм,  $\sigma_{lgx} = 0,08$ ).

Более значительными по масштабам являются подвижные пески в районе разъезда Ак-Узьяк. Здесь они занимают площадь около  $10\ 000\ \text{м}^2$  вокруг поселка, подвижный бархан перекрывает автомобильную дорогу на Матай. Параметры логарифмически-нормального распределения этого песка  $x_0 = 113$  мкм,  $\sigma_{lgx} = 0,12$ .

Массив подвижных песков вокруг разъезда Арганты занимает площадь  $240\ 000\ \text{м}^2$  ( $\lambda = 79^\circ\ 04'$  в.д.,  $\varphi = 46^\circ\ 26'$  с.ш.). Пески размером  $x_0 = 106$  мкм,  $\sigma_{lgx} = 0,16$ .

В районе разъезда Ак-Балык ( $\lambda = 79^\circ\ 14'$  в.д.,  $\varphi = 46^\circ\ 33'$  с.ш.) располагается обширный массив незакрепленных барханно-грядовых песков площадью около  $1\ 000\ 000\ \text{м}^2$  (100 га). Барханы сложены мелким песком ( $x_0 = 113$  мкм,  $\sigma_{lgx} = 0,13$ , проба 24). Значительная часть поверхности незакрепленных барханов покрыта чехлом из более крупного песка (Проба 23, табл. 1). Здесь же, в 5 км к югу от поселка, на одной из вершин гряды, высотой 35 м, сложенной супесью хорошо закрепленной растительностью нами обнаружена котловина выдувания диаметром 80 и глубиной 15 м. Причины возникновения этой котловины неясны, но её наличие указывает на то, что процессы золовой переработки могут начаться и на хорошо закрепленных песках, охваченных процессами почвообразования.

Процессы золовой переработки поверхности песков характерны для всей территории этого региона. В первую очередь, это районы примыкающие к населенным пунктам, что связано с хозяйственной деятельностью и выпасом скота.

Во вторых, это районы, примыкающие к поймам рек, и дельтовые области. Дефляционные процессы здесь связаны с нарушением растительного покрова при подмывании песчаных массивов водами рек при непосредственном контакте русел и песчаных массивов, а так же размывом пойменных и дельтовых дюн и барханов во время весенних паводков. Кроме того, интенсивность золовой дефляции песчаных поверхностей здесь во многом обусловлена резкой границей между песчаными поверхностями и пойменными лугами и, как следствие, неустойчивым ветровым режимом.



Наконец, полужакрепленные пески так же подвержены процессам дефляции, только эти процессы начинаются при больших скоростях ветра и имеют значительно меньшие масштабы, однако, потеря растительного покрова даже на небольших участках приводит к образованию язв дефляции и котловин выдувания. Такие заросшие котловины выдувания по гребням гряд песчаных массивов распространены повсеместно.

В целом, пески исследованного региона можно считать крайне неустойчивыми. Любое изменение воздействующих факторов, — увеличение антропогенного воздействия, усиление ветров, уменьшение осадков, засушливые годы — может привести к резкому усилению эоловой переработки и образованию новых незакрепленных поверхностей.

### **Статистические скалярные и векторные характеристики ветрового переноса песка на М Матай**

Для прогноза поведения подвижных песков в будущем необходимы знания о режиме пыльных (песчаных) бурь в районе их распространения, интенсивности и направлениях перемещения песков. Ответ на эти вопросы могут дать наблюдения метеостанций и построенные модели песчаных бурь на базе этих наблюдений.

Скалярные и векторные характеристики ветрового переноса песка для станции Матай были впервые опубликованы в [1] в середине 90-х годов. Они охватывали период с 1966 по 1986 гг. В настоящей работе исследования продолжены. Для продления расчетного ряда использованы материалы наблюдений метеорологической станции Матай за период с 1994 по 2000 гг. (ТМ-1). Они дополнили базу данных физико-статистической модели песчаных бурь КазНИГМИ, созданной О.Е. Семеновым и реализованной на ПК А.П. Шаповым и С.К. Волковой.

Среднее многолетнее число случаев пыльных бурь (ПБ) и поземков (ПП) за год здесь составило 72, среднее квадратическое отклонение  $\sigma = 14$  случаев, коэффициент вариации ряда незначительный —  $C_v = 0,19$ . На рис. 5 представлен многолетний ход числа случаев пыльных бурь и поземков. Здесь наблюдается один период повышенного числа случаев пыльных бурь и поземков в 1976...1978 гг., с максимальным числом случаев в 1976 году — 121. Минимальное количество этих явлений — 50 наблюдалось в 1990 году. В последнее десятилетие число случаев с пыльными бурями и поземками значительно меньше среднего многолетнего значения.

На рис. 6 представлен средний многолетний внутригодовой ход числа случаев с пыльными бурями и поземками. Здесь мы видим, что вы-

скакая повторяемость явлений наблюдается практически с апреля по октябрь – 10 явлений и более.

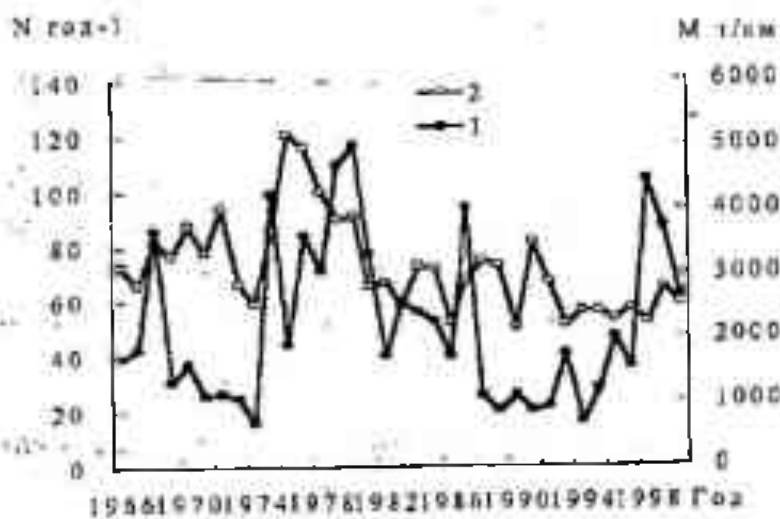


Рис. 5. Многолетний ход числа случаев пыльными бурями и поземками (2) и массы (1) песка, переносимой во время этих явлений на М Матай.

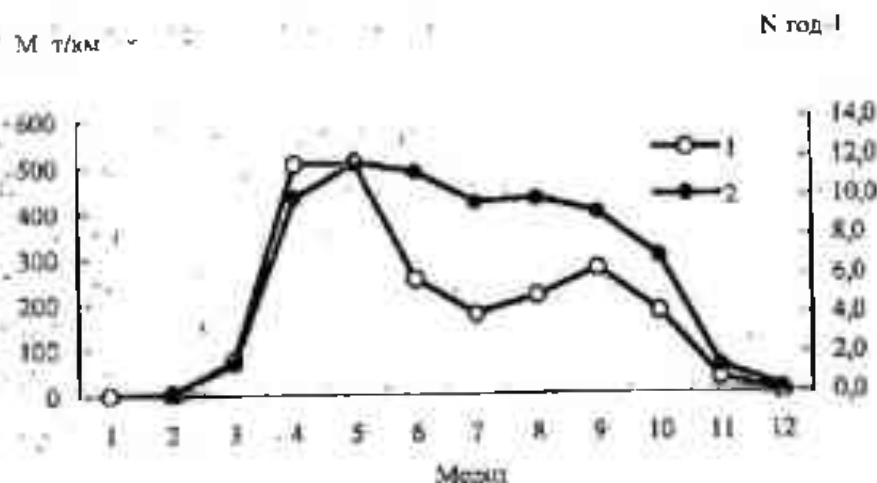


Рис. 6. Средний многолетний внутригодовой ход числа случаев пыльных бурь и поземков (2) и ветрового переноса массы песка (1) на М Матай.

Для характеристики интенсивности золых процессов были рассчитаны скалярные и векторные величины переноса массы песка пыльными бурями и поземками уже за 35 летний период наблюдений. Рассмотренный ряд переноса массы песка характеризуется следующими статистическими параметрами:

Станция	Атмосферное явление	$M$ т/(км·год)	$\sigma$ т/(км·год)	$C_v$	$C_s$	$C_E$
Матай	ПБ + ПЗ	2211,6	1068,4	0,48	0,76	-0,65

Средняя многолетняя масса песка  $\bar{M}$ , переносимая пыльными бурями и поземками, составила 2212 т/км год, среднее квадратическое отклонение  $\sigma = 1068$  т/км год, коэффициент вариации ряда  $C_v = 0,48$ , он в два с лишним раза выше коэффициента вариации ряда числа случаев пыльных бурь и поземков. Коэффициент асимметрии ряда  $C_s = 0,76$ , эксцесса— $C_E = -0,65$ . Максимальная переносимая масса, превышающая среднюю многолетнюю в два раза, наблюдалась в 1980 году (5003 т/(км год)), минимальная — 692 т/(км год) в 1994 г (Рис. 5).

В последние три года в Матае существенно увеличились переносимые ветром величины масс песка, в то время как число случаев пыльных бурь неуклонно уменьшается. Внутригодовой ход переноса песка имеет максимум в апреле, мае. Исключая зиму, когда перенос фактически отсутствует, в остальные месяцы переносимые массы песка достигают величин в 507 т/км в мае и 504 т/км в апреле месяцах, снижаясь до 178...252 т/км в июне...октябре (рис. 6).

Второй частью физико-статистической модели КазНИГМИ является расчет векторных характеристик переноса песка. На М Матай максимальные векторы переноса песка направлены на северо-восток, восток-северо-восток и восток и имеют модули 251, 182 и 138 т/км год соответственно (рис. 7). В то же время практически нет переноса песка в направлении с азимутом 270 - 360°, на Ю...ЮВ.

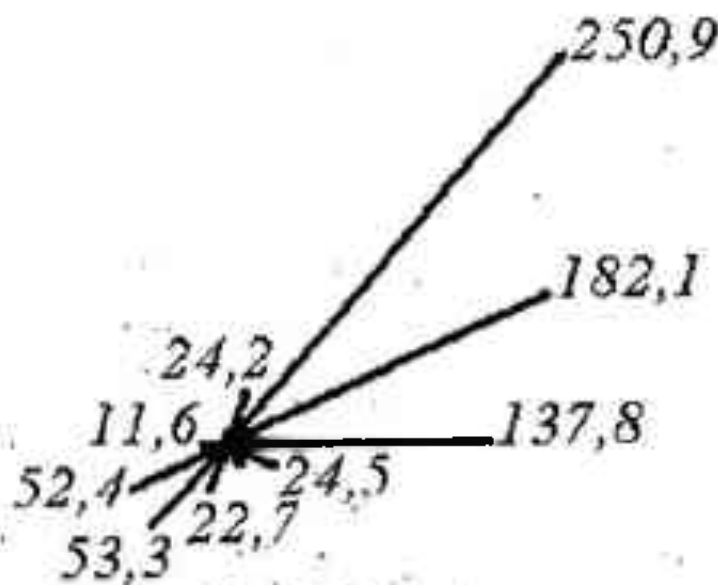


Рис. 7. Средние многолетние розы векторов ветрового переноса песка на М Матай (1966 — 2000 гг).

Средний многолетний результирующий вектор имеет направление  $67^\circ$  и величину  $450 \text{ т/(км год)}$ . Анализируя расчеты за 20-летний, 30-летний и 35-летний ряд наблюдений отметим, что направление максимальных и минимальных векторов сохранилось, в то время как значения их сильно отличаются. При первом расчете величина модуля составляла  $1122 \text{ т/(км год)}$ , при втором –  $831 \text{ т/(км год)}$ , при последнем –  $251 \text{ т/(км год)}$ . На снижение результирующего вектора сказалась слабая интенсивность дефляции песков в 1982...1995 годах. Во второй половине 90-х годов 20 века интенсивность процессов ветрового переноса песка возросла и учитывая наличие цикличности, следует ожидать значительных объемов переноса масс песка в ближайшие несколько лет. Рост подвижных песков будет идти в СВ...В направлениях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья / Под ред. И.И. Скопелая. – СПб: Гидрометеоздат, 1995. – 269 с.
2. Пустыни / Бабаев А.Г., Дроздов Н.Н., Зонн И.С., Фрейкин З.Г. – М.: Мысль, 1986. – 318 с.
3. Семенов О.Е. О распределении почвенных частиц по размерам на юге Казахстана вследствие эоловых процессов// Тр. КазНИГМИ. – 1970. – Вып. 36. – С. 153 – 165.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

#### ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС БАЛХАШТЫҢ ҚОЗҒАЛМАЛЫ ҚҰМДАРЫ

Физ.-мат. ғылымд. канд. О.Е. Семенов  
А.П. Шапов  
О.С. Галаева

*Оңтүстік-шығыс Балхаштағы қозғалмалы құмдардың координаттары мен аудандары келтірілген. Олардың ең ірі массиві Ақсу өз. оң жағалауында жатқан Матай ауылының жсан-жағында орналасқан, оның ауданы  $16,8 \text{ км}^2$ . Бұл аймақтағы қозғалмалы құмдарға тән ерекшелік — құм бөліктерінің өте кішкентай болуы және мөлшер дисперсиясының кішілігі.  $x_0$  құм бөліктерінің орташа геометриялық мөлшері  $110 \text{ мкм}$ -ден аспайды, ал  $\sigma_{\text{ex}}$  мөлшерлері логарифмдерінің квадраттық ауытқуы  $0,1$ -ден төмен. Көшіпелі құм массасының векторлары негізінен ССШ...Ш бағытталған.*

УДК 551.511

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СЕРОВОДОРОДА  
ПРИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСАХ В АТМОСФЕРУ**

Канд. физ. мат. наук А. Айдосов

*В работе смоделировано распространение сероводорода в атмосфере при аварийных порывах трубопроводов и фонтанировании скважин на нефтегазодобывающих месторождениях.*

**Предпосылки к нейтрализации сероводородного облака.** Поскольку жесткие условия, каковыми являются условия Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения (далее КНГКМ) (высокое давление в устье скважин и в шлейфах, большая концентрация сероводорода, коррозионность пластовой смеси), не гарантируют безаварийную эксплуатацию месторождения, то представляют интерес химические методы борьбы с ядовитыми газовыми образованиями, способные существенно снизить в них концентрацию  $H_2S$ . Причем такой обычный прием, как сжигание в данном случае проблему не решает, так как в результате сгорания  $H_2S$  образуется примерно то же количество сернистого ангидрида -  $SO_2$ , отравляющее воздействие которого не многим уступает сероводороду. С теоретической точки зрения проблема может быть решена путем распыления в ядовитом облаке специальных веществ, вступающих с  $H_2S$  в химическую реакцию, приводящую к выпадению сульфитов и не дающую побочного отравляющего эффекта. Для подтверждения формулированной теоретической посылки и точного определения состава нейтрализующих веществ требуются экспериментальные научно-исследовательские работы, в которых эффективность предложенного метода и его конкретные параметры (включая стоимость) были бы проверены в условиях, близких к реальным. Для такого рода работ могут быть использованы специальные павильоны, имеющиеся на сегодня в распоряжении учреждений, занимающихся близкими проблемами. При этом нет необходимости в полной имитации состава пластового газа, поскольку парафиносодержащие углеводороды нейтральны по отношению к иссле-

дуемой химической реакции, в силу чего в эксперименте достаточно будет воспроизводить концентрацию только сероводорода.

**Математическая постановка и алгоритм решения задачи.** Постановка задачи прогноза производится с ориентацией на распространение сероводорода при аварийных порывах трубопроводов и фонтанировании скважин на КНГКМ.

При мощных аварийных выбросах таких высокотоксичных загрязнителей как сероводород требование обеспечения экологической безопасности месторождения можно сформулировать в виде неравенство:

$$\tau_p < \tau_z - \tau_M, \quad (1)$$

где  $\tau_p$  - время на принятие природоохранного решения, включая время решения задачи прогноза;  $\tau_z$  - время распространения загрязнения;  $\tau_M$  - время реализации природоохранных организаций (мероприятий). При решении задачи прогноза это основополагающее требование необходимо учитывать.

Район месторождения предварительно разбивается на квадраты. каждому из них ставится в соответствие индекс (это может быть число, или, например, двухмерный вектор). В самом общем виде решение задачи должно состоять из предупреждения: в какой момент времени тот или иной квадрат будет подвергнут опасному уровню загрязнения (превышение ПДК, двукратное превышение ПДК,  $n$  - кратное превышение ПДК).

Исходными данными для решения задачи являются место и мощность аварийного выброса, его продолжительность, кроме того, это числовая характеристика метеорологической ситуации (направление, скорость ветра, и т.п.). Здесь важно отметить, что исходные данные характеризуются зашумленностью, особенно это касается параметров источников выбросов.

При выборе подходящей математической модели процесса распространения газообразной примеси в атмосфере необходимо учитывать, что он объединяет в себе такие различные процессы как перенос ветром, турбулентная диффузия, поглощение и химическое превращение примеси. Процесс распространения примеси можно описать следующей дифференциальной моделью в частных производных [4]:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \sum_{i=1}^n u_i \frac{\partial q}{\partial x_i} - \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} \left( k_i \frac{\partial q}{\partial x_i} \right) + \alpha q = f, \quad (2)$$

где  $q(\bar{x}, t)$  - определенная концентрация примеси в точке  $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3)$  в момент времени  $t$ ,  $x \in \Omega \cup \partial\Omega$ ;  $t \in (0, T)$ ;  $\bar{u} = (u_1, u_2, u_3)$  - вектор скорости ветра с составляющими вдоль осей координат  $x_1, x_2, x_3$  соответственно;  $k_1, k_2, k_3$  - коэффициенты турбулентной диффузии вдоль соответствующих осей координат;  $\alpha$  - коэффициент интенсивности поглощения примеси атмосферой;  $f(\bar{x}, t)$  - обобщенная функция, характеризующая источники выбросов на местности.

В случае наличия нескольких точечных источников функция  $f(\bar{x}, t)$  аппроксимируется следующим выражением:

$$f(\bar{x}, t) = \sum_{i=1}^I Q_i(t) \delta(x - X_i^S),$$

где  $Q_i(t)$  - мощность выброса  $i_s$ -го источника в  $t$ -ый момент времени;  $X_i^S = (x_{1i}^S, x_{2i}^S, x_{3i}^S)$  - вектор координат  $i$ -го источника. Если источник является постоянно действующим (типичным примером могут служить трубы ТЭЦ), то  $Q_i(t)$  можно представить в виде  $c \exp st$ . Для случаев аварийных выбросов такое представление, по-видимому, неприемлемо. Здесь, в зависимости от характера аварии, можно остановиться на одном из следующих трех вариантов, описанных в [3]:

1) экспоненциальный режим

$$Q(t) = M_0 \exp(-at),$$

где  $M_0$  - начальный выброс;  $a$  - коэффициент интенсивности выброса;

2) последующее стационарирование выброса

$$Q(t) = M_{\max} [1 - \exp(-at)];$$

где  $M_{\max}$  - максимальная мощность выброса;

3) колебательный (пульсирующий) режим

$$Q(t) = \bar{M} + M \sin(2\pi t / \tau - \pi / 2);$$

где  $M$  - амплитуда выброса;  $\bar{M}$  - среднее интервала колебания выброса;  $\tau$  - период.

Если обратиться к модели распространения, то можно констатировать, что у нас нет надежды получить в общем виде аналитическое решение уравнения (2). Но почему бы не сразу не приступить к его численному решению на современной быстродействующей ЭВМ. Причина невозмож-

ности этого кроется в самой природе турбулентного потока. В [1] показано, что исходя из масштаба длины Колмогорова, разрешение вычислительной схемы должно быть таково, чтобы можно было описывать поведение вихрей с размерами от 1 мм до 300 м. Естественно, что это не под силу ни одной современной ЭВМ, кроме того, здесь не следует забывать о необходимости выполнения неравенства (1). В этой ситуации решить задачу прогноза распространения, по-видимому, можно только путем разработки достаточно простой и эффективной математической модели этого процесса. Кроме того, необходимо учитывать еще одно требование, которое связано с особой опасностью сероводорода для жизни и здоровья людей. Суть его в том, что в процессе прогнозирования очень важно не пропустить опасные уровни загрязнения, пусть даже это иногда будет приводить к ложной тревоге.

**Динамические модели распространения примесей в атмосфере.** Рассмотрим несколько подходов к моделированию распространения примесей на примере конкретных математических моделей.

**Методы численного моделирования атмосферных процессов.** В данном разделе излагается структура и системная организация разрабатываемых в Вычислительном центре Сибирского отделения АН РФ под руководством В.В. Пененко моделей, ориентированных на решение задач контроля состояния и управления качеством атмосферы при антропогенных загрязнениях.

В ВЦ СО рассматривается комплекс моделей многоцелевого назначения, в котором не все модели равнозначны. Выделяется два уровня, реализующих тот или иной этап моделирования. К первому уровню относятся собственно модели физических процессов. Например, модели гидротермодинамики атмосферы различных пространственно-временных масштабов, модели переноса и трансформации примесей, различные способы параметризации и другие [2, 6]. Модели второго уровня представляют собой системную организацию, которая оперирует с моделями первого уровня, комплекс моделей задуман как инструмент для реализации исследовательских программ и решения практических задач.

Для реализации моделей второго уровня [1] и для решения задачи в целом используются сложные математические методы, в частности вариационные принципы в сочетании с методом расщепления, которые при



присущей им универсальности формального описания, позволяет учитывать и индивидуальные особенности физических постановок задач.

В информационных аспектах численного моделирования основными являются понятия функций состояния и параметров. Их физический смысл и различия между ними зависят от конкретной постановки задачи.

Функция состояния обозначается через  $\varphi$ , к ее числу относится и концентрация загрязняющих примесей. Вектор параметров обозначается через  $Y$ . В качестве параметров рассматриваются: коэффициенты уравнений, параметры области интегрирования  $D$ , сеточной области  $D_s^h$ , в области размещения наблюдательных систем  $D_s^m$ , начальные значения функций состояния, распределения и мощности источников тепла, влаги и примесей и др.

В оперативной форме математическая модель записывается с помощью операторного уравнения [4]

$$B \frac{\partial \varphi}{\partial t} + G(\varphi, y) = f(x, t), \quad \varphi \in Q(Dt), \quad y \in R(Dt), \quad (3)$$

где  $B$  - диагональная матрица, в которой все или часть элементов могут быть нулями;  $G(\varphi, y)$  - нелинейный дифференциальный оператор матричной структуры;  $Q(Dt)$  - пространство функций состояния, удовлетворяющих граничным условиям;  $R(Dt)$  - область допустимых значений параметров;  $f(x, t)$  - источники;  $D$  - область изменения пространственных переменных;  $[0, t]$  - интервал изменения времени.

Модель переноса примесей в атмосфере с учетом процессов трансформации веществ турбулентного обмена и обменных процессов запишется:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \text{div} Cu - \text{div}_s \mu \text{grad}_s C - \frac{\partial}{\partial z} \nu \frac{\partial C}{\partial z} + A(C) = f_0(x, t); \quad (4)$$

где  $C$  - концентрация примесей;  $u$  - вектор скорости с компонентами  $u$ ,  $v$ ,  $w$  в направлении пространственных координат  $x$ ;  $t$  - время;  $\mu$ ,  $\nu$  - коэффициенты турбулентности в горизонтальном и вертикальном направлениях; индексом отмечены операторы, действующие в горизонтальном направлении;  $A(C)$  - оператор трансформации примесей;  $f_0(x, t)$  - источник примесей.

Как уже было отмечено, уравнение типа (4) решается с помощью вариационных принципов в сочетании с методами расщепления с использованием итерационных процессов.

В качестве иллюстрации можно указать решение задачи нахождения положения и мощности источника примесей по данным измерений, проведенной численными методами в ВЦ СО АН РФ [7]. Решение задачи является многоступенчатым и достаточно сложным. Следует заметить также, что численный пример рассмотрен для стационарного случая.

Отметим, что в вычислительном центре СО АН РФ разрабатывается система автоматизации исследований, ориентированная в первую очередь на решение научно-исследовательских задач и обеспечение численных экспериментов, обработку результатов расчетов фактической информации. Пока в ее структуре не предусматривается подсистема оперативного сбора и накопления информации от измерительных систем, работающая в режиме реального времени, а предполагается, что требуемая для решения конкретных задач фактическая информация находится в информационной базе на технических носителях. Методы решения задач достаточно сложны, громоздки.

Исходными является известное дифференциальное уравнение в частных производных (2), описывающих процесс распространения примесей в атмосфере. По смыслу уравнения (2) и (4) являются аналогичными.

Для моделирования исследуемого процесса необходимо решить дифференциальное уравнение (2) в заданной пространственно-временной области  $\Omega \times (0, t)$  с некоторыми граничными и начальными условиями. Поскольку пространственная область  $\Omega$  не имеет четко выраженных границ, то ее можно считать прямоугольным параллелепипедом с гранями:  $S_n$  - нижняя (подстилающая) поверхность;  $S_z$  - верхняя граница области;  $S_i$  ( $i = \overline{1, 4}$ ) - боковые грани области, при этом  $S_i$  - вся боковая поверхность;  $(0, t)$  - временной интервал.

Решение трехмерного уравнения (2), как известно, представляет значительные трудности, поэтому трехмерная задача разбивается на систему последовательно решаемых одномерных уравнений с помощью метода расщепления, предложенного в [4, 6].

На основании полученной дискретной системы уравнений и замеренных значений концентрации в отдельных точках, итерационным путем проводится оценка концентраций примеси во всех точках области  $\Omega$ .

С помощью алгоритма субоптимальной фильтрации решается задача прогнозирования концентрации примеси, заключающаяся в получении оптимальной оценки концентрации  $q^{k+1}$  в момент времени  $t^{k+1}$ , где  $k = 1, 2, \dots$  - длина шагов прогноза.

Распределение коэффициентов уравнения (2)  $u_i, k_i, \alpha$  и мощности источников примеси  $Q_j$  производится с помощью решения задачи идентификации. Суть ее в следующем. Пусть  $y_j$  - значения измерений концентрации примеси в точках  $x_j^{u3}$ , сделанные в моменты времени  $t_j^{u3}$ ,  $j = \overline{1, M}$ ,  $M$  - число проведенных замеров. Пусть также  $q(x_j^{u3}, t_j^{u3})$  - значения концентрации примеси, полученные решением задачи прогнозирования. Решением задачи будут значения коэффициентов  $u_i, k_i, \alpha, Q_j$ , которые доставят минимум функционалу

$$J = \sum_{j=1}^M C_j (q(x_j^{u3}, t_j^{u3}) - y_j)^2, \quad (5)$$

где  $C_j$  - весовые коэффициенты, показывающие относительную важность (представительность) одних измерений перед другими.

Минимизация функционала (5) для дифференциального уравнения (2) проводится с помощью сопряженных функций Лагранжа для пространственно-распределенных систем.

Общий алгоритм исследуемого процесса представляется в следующей последовательности:

1. Вводятся дискретные данные измерений.
2. Производится оценка значений концентрации примеси в каждой точке дискретизации (дискретной сетки).
3. Решается задача прогнозирования значений концентрации примеси на  $T_{cek}$  времени вперед.
4. Задержка времени,  $T_{cek}$ .
5. Ввод замеренных концентраций примеси.

6. Оценка значений концентрации примеси на основе прогноза и вверенных замеренных значений.

7. Вычисления значения функционала  $J$ .

8. Если  $J$  не более заданного значения  $\varepsilon$ , то считается, что идентификация не требуется.

9. Если  $J > \varepsilon$ , то производится идентификация параметров; и так до тех пор, пока не выполнится условие  $J \leq \varepsilon$ .

10. Если требуется прогноз для концентрации примеси на следующий интервал времени, то управление передается на п. 3, если нет, то алгоритм заканчивает свою работу.

Описанный процесс доведен до программной реализации [5].

### **Полуэмпирический подход к прогнозированию перемещения зон экстремально высокого загрязнения воздуха сильно действующими ядовитыми веществами (СДЯВ)**

В случае аварии сначала определяется мощность выброса (кг/мин) как количество вредного вещества, поступающего в атмосферу в единицу времени:

$$M_a = \frac{M_c}{t_a};$$

где  $M_c$  (кг) - суммарный выброс;  $t_a$  (мин) - продолжительность аварийного выброса.

Для определения направления перемещения зоны заражения СДЯВ на плане местности от источника выброса ядовитых веществ проводится ось факела (следа движущегося облака) СДЯВ в направлении ветра и боковые границы зоны заражения.

Зона летальных (смертельных) концентраций, где концентрация  $q$  превышает пороговое значение  $q_n$  (т.е.  $q \geq q_n$ ) при аварийных выбросах ограничена сектором, имеющим угловую ширину  $\varphi_n$  и глубину  $L_n$ . Центр окружности, ограничивающий сектор, совпадает с источником выбросов. Биссектриса сектора совпадает с осью факела и направлена вдоль средней за рассматриваемый период скорости ветра.

Зона поражающих концентраций (где  $q_n \leq q < q_n$ ) имеет аналогичную форму, а ее размеры определяются параметрами  $\varphi_n$  и  $L_n$ .

Угловые размеры зон летальных и поражающих концентраций  $\varphi_n$  и  $L_n$  при устойчивом направлении ветра определяются в зависимости от скорости ветра и по таблице. Если в рассматриваемый период происходит изменение направления ветра, то соответственно этому предусматриваются изменения в построении боковых границ зоны поражения.

Значения глубины зон летальных и поражающих концентраций  $L_n$  и  $L_n$  определяются мощностью выброса  $M_2$ , скоростью ветра и степенью устойчивости атмосферы. Полученные величины  $L_n$  и  $L_n$  уточняются по таблицам в зависимости от прогностической информации (продолжительности периода сохранения степени вертикальной устойчивости и разных скоростей ветра).

Ориентировочное время подхода зараженного воздуха к ближайшим рубежам (объектам)  $t_q$  (час) в зоне заражения определяется по формуле:

$$t_q = \frac{x}{v},$$

где  $x$  - расстояние (в км) от источника аварийного выброса до фиксированной точки местности внутри зоны летальных или поражающих концентраций;  $v$  - скорость переноса (км/ч) переднего фронта зараженного воздуха.

Если  $x$  не превосходит  $L_n$ , то в данной точке для моментов времени  $t > t_q$  прогнозируется летальная концентрация, а если  $L_n < x < L_n$ , то в точке прогнозируется поражающая концентрация. Для более удаленных от места аварии (на 20 км и более) объектов учитываются изменения скорости ветра и степени устойчивости атмосферы[9].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айdosов А. Вывод уравнений для давления во влажной атмосфере с оценкой роли турбулентной диффузии и модели, определяющие изменение давления. – Журнал «Поиск», Алматы, № 2, 2000 г. - С.199-206.
2. Айdosов А. Моделирование прогностического уравнения атмосферных процессов с учетом влияния влажности на изменение ее параметров. – Журнал «Поиск», Алматы, № 6, 1999 г. - С.234-241.
3. Айdosов А. Прогнозирование распространения сероводорода при аварийных выбросах в атмосферу. - Материалы IV Международной науч-

но-технической конференции «Новое в охране труда и окружающей среды», 11-12 октября 2000 г., Алматы, 2000. - С.228-232.

4. Айдосов А., Айдосов Г.А. Теоретические основы прогнозирования природных процессов и экологической обстановки окружающей среды. Книга 1. Теоретические основы прогнозирования атмосферных процессов и экологической обстановки окружающей среды. - Изд-во «Сазау университеті», Алматы, 2000 г. - 290 с.

5. Айдосов А., Заурбеков Н.С. Моделирование численного анализа и прогноза аномалии атмосферных процессов с использованием новой информационной технологии. - Материалы III Казахстано-российской научно-практической конференции «Математическое моделирование научно – технических и экологических проблем в нефтегазодобывающей промышленности», Алматы, 2000. - С. 12-16.

6. Айдосов А., Кырыкбаев Б., Заурбеков Н.С. Модели процессов приземного слоя атмосферы. - Труды международной научно - практической конференции “КазНТУ – образованию, науке и производству Республики Казахстан”, Алматы, 1999г. – С. 255-258.

7. Бакирбаев Б. Моделирование турбулентного пограничного слоя атмосферы с незакрепленной верхней границей с учетом фазовых переходов влаги. - Численные методы в задачах физики атмосферы и охраны окружающей среды. – Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, 1985. – С. 44-59.

8. Берлянд М.Е. Состояние и пути совершенствования, нормирования, контроля и прогноза загрязнения атмосферы. – АН СССР, ОВМ. – Препринт № 59. –М., 1985. – 50 с.

9. Пененко В.В., Алоян А.Е. Модели и методы для задач охраны окружающей среды. – Новосибирск, Наука, 1985. – 254 с.

Казахская Головная Архитектурно - Строительная Академия

## **АПАТ БАРЫСЫНДА КҮКІРТТІ СУТЕГІНІҢ АТМОСФЕРАДА ТАРАЛУЫН БОЛЖАМДАУ**

Физ. - мат. ғылымд. канд. А. Айдосов

*Жұмыста тосыннан нефть пен газ тасымалдау трубаларының жарылуы мен скважиналардан атқылауы барысында күкіртті сутегінің атмосферада таралу моделі қарастырылған.*

УДК 551.551.8

**О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПОТОКА  
МАССЫ ТЯЖЕЛОЙ БЫСТРО ОСЕДАЮЩЕЙ ПРИМЕСИ**

Канд. физ. мат. наук      О.Е. Семенов

*Для вычисления вертикального потока массы тяжелой быстро оседающей примеси для условий вынужденной конвекции предложено применять формулу*

$$Q_w = -\chi(u_* - w_g) [S(z_2) - S(z_1)] \sqrt{\left( \ln \frac{z_2}{z_1} + \beta_0 \frac{z_2 - z_1}{L} \right)},$$

*в которой влияние силы тяжести учитывается путем вычитания из динамической скорости  $u_*$  скорости гравитационного осажде-  
ния частиц  $w_g$ . Постоянная  $\beta_0$  принята из физических соображе-  
ний равной единице.*

Как известно, в полуэмпирической теории приземного слоя атмосферы для плоского однородного стационарного источника пассивной субстанции  $S$  ее вертикальный поток  $Q_w$  равен

$$Q_w = \rho k(z) \frac{\partial S}{\partial z}, \tag{1}$$

где  $S$  — концентрация примеси,  $\rho$  — плотность газа,  $k(z)$  — коэффициент турбулентности. В приземном слое атмосферы  $k$  растет с высотой по линейному закону  $k(z) = k_1 z$ , где  $k_1$  — коэффициент турбулентности на уровне  $z = 1$  м. Последний легко определяется по стандартным градиентным измерениям [5]. Поэтому, проведя градиентные измерения скорости ветра, температуры и концентрации пассивной примеси, можно определить её  $Q_w$ . Интегрирование по  $z$  уравнения (1) дает широко известную формулу для потока пассивной примеси

$$Q_w = \rho k_1 \frac{S(z_1) - S(z_2)}{\ln \frac{z_2}{z_1}}. \tag{2}$$

Уравнение (2) вполне удовлетворительно описывает процесс турбулентной диффузии при термической стратификации близкой к безраз-

личной и при слабой (вынужденной) конвекции. На сети теплобалансовых метеорологических станций на протяжении многих лет ведутся расчеты потоков тепла и водяного пара, основанные на уравнении (2).

В США еще в начале 70-х годов Д. Жиллет применил эту формулу для расчетов вертикального потока почвенного аэрозоля размером до 20 мкм [7]. Аналогично рассчитывался им и поток аэрозоля во время Советско-Американского эксперимента по изучению аридного аэрозоля [2]. Подобная методология, по его мнению, приемлема при динамических скоростях потока, превышающих скорость свободного падения частиц  $w_g$  (гидродинамическую крупность).

Дальнейшим совершенствованием теории расчетов вертикальных потоков субстанций в приземном слое атмосферы явилось применение методов теории подобия. Наибольшее внимание было уделено определению потоков тепла и влаги для условий различной стратификации атмосферы [3,4]. Для потоков аэрозолей мне известна лишь одна работа, в которой рассмотрен ветровой поток радиоактивных частиц в зоне Чернобыльской АЭС. Используя теоретические разработки С.С. Зилитенкевича для расчетов потоков пассивной примеси [3], Е.К. Гаргер с соавторами [1] применили их к исследованиям потоков радионуклидов, вызываемых вторичным ветровым подъемом частиц с поверхности.

В приземном слое атмосферы, как известно, наблюдается подобие для вертикального градиента концентрации пассивной примеси

$$\frac{\partial s}{\partial z} = \frac{Q_w}{\chi u_* L} S\left(\frac{z}{L}\right), \quad (3)$$

где  $L$  масштаб длины Монина-Обухова,  $\chi$  - постоянная Кармана,  $S\left(\frac{z}{L}\right)$  - универсальная функция,  $u_*$  - динамическая скорость потока. Масштаб длины Монина-Обухова равен

$$L = \frac{u_*^2}{\chi \frac{g}{T} C_p \rho}$$

где  $H$  - турбулентный поток тепла,  $g$  - ускорение свободного падения,  $T$  - температура воздуха в К,  $C_p$  - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении. Интегрирование по  $z$  уравнения (3) дает



$$S(z_2) - S(z_1) = -\frac{Q_w}{\gamma u} \left[ f\left(\frac{z_2}{L}\right) - f\left(\frac{z_1}{L}\right) \right], \quad (4)$$

где  $f\left(\frac{z}{L}\right)$  первообразная функция  $S\left(\frac{z}{L}\right)$ . Для условий безразличной стратификации, когда  $\frac{z}{L} \rightarrow 0$ , а  $L \rightarrow \infty$  получается совпадающее с (2) решение для уровня  $z = 1$  м

$$Q_w = -\gamma u \frac{S(z_2) - S(z_1)}{\ln \frac{z_2}{z_1}}. \quad (5)$$

Для небольших значений  $\frac{z}{L}$ , считая, что коэффициенты обмена импульсом и массой равны, авторы [1, 3] получили удобную расчетную формулу для условий вынужденной конвекции

$$Q_w = -\gamma u \frac{[S(z_2) - S(z_1)]}{\left( \ln \frac{z_2}{z_1} + \beta_a \frac{z_2 - z_1}{L} \right)}, \quad (6)$$

где  $\beta_a$  эмпирическая константа. К сожалению, в виду трудностей определения, до настоящего времени точное значение  $\beta_a$  неизвестно. Для получения значения  $\beta_a$  необходимо одновременно с градиентными измерениями концентрации примеси определить вертикальный поток примеси  $Q_w$  прямыми пульсационными методами. Такой комплексный эксперимент по нахождению  $\beta_a$  достаточно сложен и пока не проводился.

Авторы работы [1], чтобы обойти неопределенность этой константы, выполняли вычисления для длительных интервалов времени (несколько суток) по формуле (5). Они решили, что при таком осреднении влиянием стратификации можно пренебречь вследствие взаимной компенсации конвекции и инверсии на вертикальные потоки примеси в дневные и ночные часы суток. Очевидно, что такой подход приводит к заниженной оценке потока.

Из общих физических соображений попытаемся оценить порядок величины  $\beta_a$ . При неустойчивой стратификации масштаб Монина-Обухова  $L$  является отрицательной величиной. Поэтому знаменатель в (6) на самом деле является разностью

$$\ln \frac{z_2}{z_1} - \beta_a \frac{z_2 - z_1}{L},$$

которая должна быть значимо больше нуля, так как в реальных процессах диффузия вещества все-таки определяется, в первую очередь, концентрацией примеси. При стремлении этой разности к нулю получается бесконечно большой вертикальный поток массы аэрозоля, чего в естественных условиях не бывает. Кроме того, при вынужденной конвекции поток массы частиц направлен вверх, поэтому  $Q_w$  - величина положительная. Значит

$\beta_a \frac{z_2 - z_1}{L}$  должно быть меньше  $\ln \frac{z_2}{z_1}$ , т.е.

$$\ln \frac{z_2}{z_1} > \beta_a \frac{z_2 - z_1}{L}. \quad (7)$$

Для стандартных уровней градиентных измерений в метеорологии

$z_1 = 0,5$  и  $z_2 = 2$  м,  $\ln \frac{z_2}{z_1} \approx 1,4$  и  $z_2 - z_1 = 1,5$ . Во время наших исследований

вертикального потока аэрозолей с поверхности хвостохранилища Балхашского горно-металлургического комбината в августе 2002 г. масштаб Монина-Обухова принимал значения в интервале от -2 до -11 м в дневные часы и возрос до -50 м к 19 часам. Очевидно, что наибольшее влияние температурная стратификация оказывала на поток в дневные часы при небольших  $L = -2$  м. Подставив в неравенство (9) значение  $z_1$ ,  $z_2$  и  $L$  получим, что  $\beta_a < 2$ . Поэтому примем в наших расчетах  $\beta_a = 1$ .

Напомним, что в логарифмически-линейном профиле скорости ветра аналогичная константа  $\beta_u$  также еще не имеет общепринятого значения. По Монину-Обухову  $\beta_u = 0,6$ , по Зилитснкевичу  $\beta_u = 1,45$ . Пановский, Блекадар и Маквейл для широкого интервала отрицательных значений  $\frac{z}{L}$  получили близкий результат к оценке Монина-Обухова. В то же время имеются оценки  $\beta_u$ , значительно превосходящие несколько единиц для положительных значений  $\frac{z}{L}$ . Монин и Яглом, анализируя сложившуюся ситуацию с описанием логарифмически + линейных профилей метеопараметров, отметили весьма неопределенный характер постоянной величины  $\beta_u$ , которая сильно зависит от выбора интервала значений  $\frac{z}{L}$ , по которому она определяется [4].

Формулы (5) и (6) можно, очевидно, без ограничений применять для расчетов потоков "пассивной" примеси. Под "пассивной" в гидродинамике принято считать примесь, которая не влияет на движение среды и

перемещается в потоке со скоростью, практически совпадающей с мгновенной скоростью потока в соответствующей точке. Это значит, что частицы должны быть достаточно малы и близки по плотности к окружающей их среде (жидкости или газу), чтобы ни гравитационное оседание примеси, ни её всплывание вверх под влиянием силы Архимеда не играли бы существенной роли [4]. На практике в реальных потоках такой идеальной примеси не существует. Для почвенного аэрозоля, понятие «пассивного» можно, в первом приближении, применить лишь для частиц размером менее 10 мкм. Скорость их гравитационного осаждения не превышает  $1 \text{ см}\cdot\text{с}^{-1}$  и по сравнению с вертикальной пульсационной составляющей скорости потока  $w'$  она очень мала. Поэтому именно эти частицы и обнаруживаются в воздушных потоках вдали от источников их выноса.

Ниже приведены скорости свободного падения сферических частиц различного размера с плотностью  $\rho = 2,65 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ , вычисленные по формуле Стокса.

d, мкм	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
$w_g, \text{ см}\cdot\text{с}^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$8 \cdot 10^{-1}$	1,7	3,2	5	7,2	9,7	12,7	16,1	19,9	24	28,6	33,6

Видно, что начиная с размера 25 мкм,  $w_g$  уже превышает  $5 \text{ см}\cdot\text{с}^{-1}$ , и становится сопоставимой с вертикальными пульсациями потока при слабых скоростях ветра. Поэтому рассматривать частицы минерального происхождения крупнее 20...25 мкм в качестве пассивной примеси – слишком грубое приближение.

Одним из путей уточнения расчетов вертикального потока тяжелой быстро оседающей примеси является учет её гравитационного осаждения. Так как тяжелые частицы, участвующие в процессе турбулентной диффузии, одновременно двигаются под действием вертикальных пульсаций скорости ветра  $w'$  и падают вниз со скоростью свободного падения  $w_g$ , то введем в формулы (5) и (6) вместо  $u_z$  разность  $(u_z - w_g)$ . Тогда расчетные формулы будут следующими:

$$Q_w = \chi(u_z - w_g) \frac{S(z_1) - S(z_2)}{\ln \frac{z_1}{z_2}} \quad (8)$$

для условий безразличной стратификации и

$$Q_w = \chi(u_* - w_g) \frac{S(z_1) - S(z_2)}{\ln \frac{z_2}{z_1} + \beta_g \frac{z_2 - z_1}{L}} \quad (9)$$

для условий вынужденной конвекции.

Введение  $w_g$  для полидисперсной примеси значительно усложняет процедуру вычислений и увеличивает время расчета  $Q_w$ . Становится необходимым знать функции распределения переносимых ветром частиц по размерам на уровнях  $z_1$  и  $z_2$ . Для облегчения расчетов можно пойти по пути описания процесса гравитационного осаждения осредненными значениями  $\overline{w_g}$  для всего ансамбля частиц в виду очень малой дисперсии распределения их по размерам на высотах переноса выше 4-х метров, как это сделано в работе [6]. В статье показано, что  $\overline{w_g}$  на этих высотах совпадает со значением  $w_g$  для модального размера частиц  $x_{mod}$ . Это значительно упрощает расчет по формулам (8) и (9). Заметим, что для систем аэрозолей с большой дисперсией распределения частиц по размерам, введение  $\overline{w_g}$  теряет физический смысл.

Измерения на хвостохранилище Балхашского горно-металлургического комбината позволили оценить влияние  $w$  и  $L$  на величину  $Q_w$ . Вычисление  $Q_w$  по массе песка, уловленной приборами во время песчаной бури и при слабых поземках, с  $\overline{w_g} = 30$  см/с ( $x_{mod} = 62$  мкм) привело к уменьшению  $Q_w$  в 1,65 раза во время бури и в 1,33...1,43 раза при поземках. При отборах на фильтры АФА аэрозоля конвективного происхождения введение в вычисления  $\overline{w_g}$  приводит к уменьшению вертикального потока массы в 1,2...2 раза.

При пыльных бурях приземный слой атмосферы имеет безразличную стратификацию и  $L$  превышает -50...-260 м [6], поэтому влияния конвекции на вертикальный поток примеси практически нет. При наименьшем значении  $L = -50$  м  $Q_w$  увеличивается всего на 2%, что находится в пределах точности как измерений, так и расчетов.

Влияние же масштаба длины Монина-Обухова на вертикальный поток массы примеси при вынужденной конвекции значительно. При изменении  $L$  от -6 до -2 м  $Q_w$  возрастает от 1,1 до 2,2 раза по сравнению с потоком, в котором  $L = -\infty$  при прочих равных условиях.

Таким образом, использование  $w_g$  и  $L$  позволяет существенно приблизить вычисления  $Q_w$  к наблюдающемуся в природе многообразию метеорологических условий и различию размеров частиц твердой фазы в турбулентном потоке. Первоочередной задачей в проблеме определения вертикального потока массы тяжелой быстрооседающей примеси остается точное определение  $\beta_a$  и границ применимости расчетной формулы (9). При принятом нами значении  $\beta_a = 1$  вычисления по этой формуле теряют смысл уже при  $L < -2$  м, когда знаменатель формулы начинает стремиться к нулю. Непригодна она и при малых скоростях ветра в условиях свободной конвекции.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаргер Е.К., Жуков Г.П., Седунов Ю.С. К оценке параметров ветрового подъема радионуклеидов в зоне Чернобыльской атомной электростанции // Метеорология и гидрология. – 1990. – №1 – С. 5 – 10.
2. Жиллет Д.А., Добровольски Дж. П. Исследования по осаждению пыли в районе Шаартуза / Советско-американский эксперимент по изучению аридного аэрозоля / Под ред Г.С. Голицина. – СПб. – 1982. – С. 39 – 49.
3. Зилитинкевич С.С. Динамика пограничного слоя атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 291 с.
4. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. Механика турбулентности. Часть I. – М.: Наука, 1963. – 639 с.
5. Руководство по теплобалансовым наблюдениям. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 149 с.
6. Семенов О.Е. Об ускорении потока во время сильных песчаных и пылевых бурь // Гидрометеорология и экология. – 2000. – №3 - 4. – С. 23 - 48.
7. D. Gillette, R. Passi. Modeling Dust Emission Caused by Wind Erosion // J. of Geoph. Research. – 1988. – Vol. –93, № D11. – P. 14233 – 14242.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

### ЖЫЛДАМ ОТЫРАТЫН АУЫР ҚОСПАНЫҢ ВЕРТИКАЛДЫ АҒЫС МАССАСЫН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕМЕСІ ТУРАЛЫ

Физ.-мат. ғылымд. канд.                      О.Е. Семенов

Еркінен тыс конвекция жағдайындағы тез отыратын ауыр қоспаның вертикалды ағыс массасын есептеу үшін төмендегі формуланы пайдалану ұсынылған:

$$Q_w = -\chi(\mu_0 - w_g) [S(z_2) - S(z_1)] \sqrt{\left( \ln \frac{z_2}{z_1} + \beta_0 \frac{z_2 - z_1}{L} \right)}$$

Мұнда ауырлық күшінің ықпалы  $\mu_0$  динамикалық жылдамдығынан  $w_g$  бөлшектердің гравитациялық отыру жылдамдығын азайту жолымен есептеледі.  $\beta_0$  тұрақтысы бірге тең физикалық өлшем ретінде қабылданған.

УДК 551

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ЗАНОСА  
ВЫЕМОК КАНАЛОВ**

Канд. техн. наук С.М. Койбаков

*Дается математическая модель ветрового заноса открытых русел каналов продуктами дефляции почв и снегопереноса, позволяющих с помощью численных экспериментов прогнозировать аэродинамическую обтекаемость выемок.*

На значительной территории Казахстана наблюдаются частые и сильные ветры. Зимой они вызывают снежные метели, а летом – дефляцию почв. Русла открытых водопроводящих каналов различного назначения, эксплуатируемых в таких условиях, подвергаются в той или иной степени заносу продуктами переноса: зимой — снегом, летом – грунтом. Заносы в руслах резко снижают пропускную способность каналов, вплоть до полной их остановки, вызывая аварийную ситуацию, с вытекающими отсюда последствиями.

В результате многолетних натурных исследований на действующих гидротехнических и гидромелиоративных объектах и лабораторных экспериментов установлены основные закономерности формирования заносов на каналах и факторы, влияющие на заносимость. Учитывая сложность проведения натурных исследований и ограниченные возможности лабораторного исследования, нашей задачей является - создание математической модели и методов математического моделирования.

**Физическая постановка задачи**

Перейдем к изложению физической постановки двумерной нестационарной модели заносимости каналов снежным материалом или продуктами дефляции почв с помощью ветровых течений.

Так как описываемые процессы ограничены в основном приземно-пограничном слое, обратимся к системе уравнений Рейнольдса турбулентной атмосферы [1, 5] и приведем ее к виду, наиболее удобному для решения задач интересующего нас класса.

В качестве исходных параметров примем следующие уравнения:

$$\frac{du}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \Delta u, \quad (1)$$

$$\frac{dw}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + \lambda T' + \Delta_\alpha w = 0, \quad (2)$$

$$\frac{dT'}{dt} + Sw = \Delta_T T', \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = \text{div} \bar{u} = 0, \quad (4)$$

где  $\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + w \frac{\partial}{\partial z}$ ;  $\Delta_\alpha = \frac{\partial}{\partial x} \mu_\alpha \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \nu_\alpha \frac{\partial}{\partial z}$  - члены, описывающие турбулентный обмен по горизонтальному и вертикальному направлениям;  $\alpha = (u, w, T')$ ;  $t$  - время;  $\mu_\alpha$  и  $\nu_\alpha$  - горизонтальные и вертикальные коэффициенты турбулентности, для количества движения;  $u, w$  компоненты вектора скорости потоков в направлениях осей  $x, z$ ;  $T'$  - отклонения температуры воздуха от фонового;  $P$  - давление воздуха;  $\rho$  - плотность атмосферы;  $S = \gamma_a - \bar{\gamma}$  - температурная стратификация атмосферы;  $\gamma_a$  - адиабатический градиент температуры;  $\bar{\gamma}$  - средний фоновый градиент температуры;  $g$  - ускорение свободного падения;  $\lambda = \frac{g}{T_{cp}}$  - параметр конвекции;  $\text{div}$  - оператор дивергенции.

Выражения (1) и (2) представляют уравнения движения компоненты вектора скорости соответственно по направлениям  $x$  и  $z$  и уравнение (4) неразрывности. Соотношение (3) представляет собой уравнения переноса и диффузии температуры. Для замыкания системы (1) - (4) относительно вертикального коэффициента турбулентного обмена, примем относительно простое замыкание, основанное на полуэмпирической гипотезе, которая имеет вид [11]:

$$v_\alpha = \begin{cases} l^2 \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right]^{1/2} \cdot (1 + 3Ri) & \text{для } Ri < 0, \\ l^2 \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right]^{1/2} \cdot (1 - 3Ri)^{-1} & \text{для } Ri > 0 \end{cases} \quad (5)$$

В представлении (5)  $l$  - это путь смещения (масштаб турбулентности) определяемый равенством:

$$l = \frac{\chi(z + z_0)}{1 + \chi(z + z_0)/q}, \text{ причем } q = 0,00027 u_g f^{-1}; Ri = \lambda \frac{\partial T' / \partial z}{(\partial u / \partial z)^2},$$



где  $u_g$  - геострофический ветер,  $f$  - параметр Кориолиса;  $\chi$  - постоянная Кармана (0,35 - 0,40); горизонтальные коэффициенты турбулентности  $\mu_{gh}$  предполагаются постоянными.

Вследствие того, что градиенты скорости ветра и температуры в пределах нижнего слоя (до 15 м) велики, при конечно-разностной аппроксимации производной в формуле (5) могут возникать большие ошибки. Поэтому, для вычисления сдвига скорости, в пределах нижних слоев атмосферы использовались соотношения теории подобия Момина-Обухова [1, 7, 9]. Согласно этой теории масштабы скорости и длины определяются следующими соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} u_*^2 &= \left( \nu \frac{\partial u}{\partial z} \right)_{z=h} \\ L &= -\frac{u_*^2}{\chi^2 \nu \lambda} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где  $h$  - высота флюгера.

Если  $L < 0$  то  $Ri \approx \xi = \frac{z}{L}$  и градиент потока скорости равен:

$$\frac{\partial u}{\partial z} = 0,74 [1 - 9(\xi - \xi_0)]^{1/2} \frac{u_*}{\chi(z + z_0)}$$

где  $\xi_0 = \frac{z_0}{L}$ ,  $\lambda = \frac{g}{T_{cp}}$

Параметр шероховатости можно определить по формулам [9, 10]:

$$\ln z_0 = \frac{u_2 \ln z_1 - u_1 \ln z_2}{u_2 - u_1}, \quad z_0 = 2 \cdot 10^{-4} \left( \frac{u_*^2}{g \cdot x_0} \right)^2$$

В этой формуле цифры 1 и 2 относятся к величинам, измеренным на одном и на другом уровне соответственно.  $x_0$  - средний геометрический размер песка. Для других субстанций существуют иные формулы, которые определяются экспериментальными путями.

В зависимости от природы седиментирующих в канале субстанций и составе в общем случае достаточно разнообразны и они одновременно могут содержать до нескольких десятков различных пылевых и сыпучих компонентов. Исходя из этих соображений следуя [2, 3] будем строить модель заноса каналов ветровым переносом снега и фракции сыпучих сред. Положим, что примесь состоит из  $n$  компонентов, и обозначим через

$\bar{C} = \{C_1, C_2, C_3 \dots C_n\}$  объемные концентрации заносимых веществ. Например, для сухого снега достаточно брать  $C_1$ , т.е. одну компоненту вектора  $\bar{C}$ . Тогда за основу модели ветрового течения можно брать следующую систему уравнений [5, 9]:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} + (w - \bar{w}_s) \cdot \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} + \alpha \bar{C} = \Delta_c \bar{C}, \quad (7)$$

$$\Delta_c \bar{C} = \frac{\partial}{\partial x} \mu_c \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \nu_c \frac{\partial \bar{C}}{\partial z},$$

где  $\mu_c, \nu_c$  – горизонтальные и вертикальные коэффициенты турбулентной диффузии;  $\bar{w}_s = \text{diag}\{w_{s_i}\} \ (i = \overline{1, n})$  – диагональная матрица, элементы которой равны скоростям седиментации соответствующих субстанций. Скорость седиментации можно определить по следующей формуле [7].

$$w_{s_i} = \frac{2g\rho}{\rho_0} \cdot R_i^2; \quad w_{s_i} = 10^6 \cdot \rho \cdot \left( \frac{0,787}{R_i} + \frac{503}{\sqrt{R_i}} \right)^{-1}, \quad i = \overline{2, n}, \quad (8)$$

где  $\nu$  – коэффициент молекулярной вязкости;  $g$  – гравитационное ускорение;  $R_i$  – радиус частицы (мкм). В качестве начальных условий положим

$$\bar{C} = \bar{C}_0(x) \text{ при } t = 0, \quad (9)$$

где  $\bar{C}_0$  – заданная функция.

Выберем для общего случая краевые условия для концентрации веществ:

$$\bar{C}_0(x) = 0 \text{ при } z = H, \quad (10)$$

где  $H$  – высота приземного слоя.

На границах могут быть выбраны следующие краевые условия:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial x} = 0 \text{ при } x = 0 \text{ и } \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} = 0 \text{ при } x = l \quad (11)$$

На границе с подстилающей поверхностью запишем уравнение баланса для каждого компонента субстанции:

$$\nu_c \frac{\partial \bar{C}}{\partial z_i} + \bar{W}_s \bar{C} \sin \alpha = \beta \bar{C}, \quad (12)$$

где  $\nu_c$  – коэффициент турбулентной диффузии на уровне шероховатости  $z_0$ ;  $\alpha$  – угол наклона поверхности к горизонтальной плоскости;

$\beta_i \ (i = \overline{1, n})$  – коэффициент захвата поверхностью ( $0 \leq \beta \leq 1$ ); Нетрудно

видеть, что условия  $\beta_i = 0$  соответствует отражению субстанции от поверхности земли, и  $0 < \beta < \infty$  – промежуточные ситуации частичного отражения и поглощения.

При задании коэффициентов турбулентной диффузии субстанции будем полагать, что они пропорциональны коэффициентам турбулентного трения и при расчетах иногда будем замыкать уравнения (6) простейшими формулами, типа градиентной аппроксимации [5, 11].

Для гидродинамических уравнений (1) – (5) рассмотрим в общем случае следующие краевые условия:

В начальный момент атмосфера покоится, т.е. возмущения отсутствуют

$$u(x, z, t) = 0, \quad w(x, z, t) = 0, \quad p = p_0 \quad \text{при} \quad t = 0. \quad (13)$$

На нижней границе области  $z = z_0$  из физических соображений для скоростей ставим условия прилипания т.е.

$$u(x, z, t) = 0, \quad w(x, z, t) = 0, \quad T(x, t) = \Omega \sin \omega t \quad \text{при} \quad z = z_0 \quad (14)$$

Верхней границей области примем ( $z = H$ ).

$$u(x, z, t) = u(x, t), \quad w(x, z, t) = w(x, t) \quad \text{при} \quad z = H. \quad (15)$$

И на боковых границах ставятся следующие условия

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad \text{при} \quad x = 0 \quad (16)$$

$$u(x, z, t) = f(z, t), \quad w(x, z, t) = \varphi(z, t), \quad \frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad \text{при} \quad x = l, \quad (17)$$

где  $f(z, t)$ ,  $\varphi(z, t)$  – заданные функции,  $\omega$  – период вращения земли.

В конкретных задачах краевые условия (16) – (17) имеют другой вид.

Пусть имеется канал с поперечным сечением, как показано на рисунке. Выпишем нижнее краевое условие для этого случая. Для системы уравнений гидродинамики (1) – (7) это условие на ломанной ABCDEF имеет вид:

$$u|_{ABCDEF} = 0, \quad w|_{ABCDEF} = 0. \quad (18)$$

$$T|_{ABCDEF} = A \sin \omega t, \quad t > 0. \quad (19)$$

На входе области (AQ), задается вертикальный профиль скоростей:

$$u(z) = \frac{u_*}{\chi} \cdot \ln \frac{z + z_0}{z_0}. \quad (20)$$

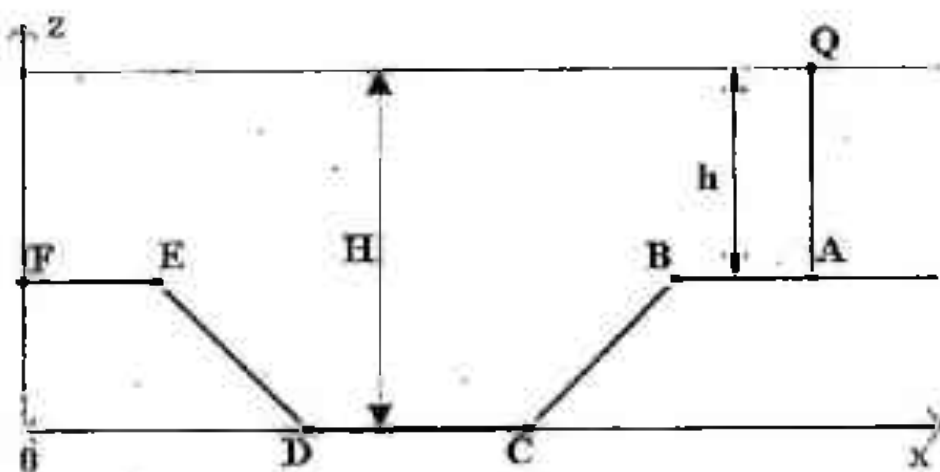


Рис. Поперечное сечение канала.

На верхней границе области ( $z = z_T$ ) для температуры примем данные метеостанции. Для уравнений ветрового переноса и диффузии субстанции (7) в данном случае краевые условия на поверхности канала можно принять из следующих соображений. На отрезке АВ, откуда снежный поток поступает в канал, будем считать, что субстанция, поднимаемая микротурбулентными пульсациями ветра, поступает в атмосферу от подстилающей поверхности. Следуя [12] для описания поступления частиц субстанции с подстилающей поверхности используем краевое условие на

АВ:  $v \frac{\partial \bar{C}}{\partial n} = -\beta \bar{C} = -f$ ,  $f > 0$  - функция параметризующая процессы обмена с субстанциями между землей и атмосферой. Хотя в общем случае функция  $f$  зависит от многих факторов, в частности от приземной скорости ветра, состояния почвы, в данной работе для простоты примем  $f = const$ . На остальных частях ломанной условие (12) остается без изменения.

Практический интерес представляет порядок значений турбулентного трения, при которых начинается перенос, например, снежных частиц. Отрыв снежных частиц от поверхности снега зависит не только от скорости ветра и турбулентного трения, но и от физико-механических свойств снежного покрова (плотности, наличия ледяной корки и т.д.) снежный покров, обладающий относительно небольшой плотностью и связанностью, более податлив переносу. Многочисленные исследования показали, что перенос снега в большинстве случаев начинается при скоростях ветра от 4 до 10 м/с. Это соответствует турбулентному трению от 0,4 до 2,7 г/см<sup>2</sup> при  $z_0 = 0,05$  см [4].

Надо отметить, что на отрезке EF можно принять условие  $\bar{C}(x, z, t) = C^0(x, t)$ , где  $C^0(x, t)$  первоначальный покров снега.

Интенсивность и осадки на поверхность канала можно описать формулами:

$$I = \frac{4}{3}\pi R^3 C_0 W_g(R), \quad F = \int_0^T I(t) dt, \quad (21)$$

где  $C_0$  – субстанция на поверхности,  $R$  – радиус частицы,  $W_g$  – скорость седиментации,  $T$  – конечное время.

Осадок субстанции на дно канала на практике можно определить:

$$F = \frac{\nu\beta}{H} \int_0^T C(x, z, t) dt. \quad (22)$$

### Конечно-разностный метод решения уравнения гидродинамики методом фиктивных областей

За последнее десятилетие достигнуты значительные успехи по численному моделированию заноса снегом и сыпучими средами с помощью уравнения гидродинамики на относительно ровной поверхности. Однако, наличие криволинейной границы приводит к значительному усложнению вычислительных алгоритмов, используемых для решения нелинейных уравнений. Обзор математических моделей, учитывающих криволинейную нижнюю границу, можно найти в работе [6]. Рассмотрим, два способа учета криволинейной формы:

1. Применение специальной криволинейной системы координат с приведенной высотой, позволяющей преобразовывать исходную область интегрирования со сложной геометрической формой к прямоугольному параллелепипеду, например

$$x = x', \quad t = t', \quad z = z' - \frac{z_g(x)}{A}, \quad A = \frac{H}{H - z_g(x)}$$

где  $z_g(x)$  – криволинейная нижняя граница области,  $H$  – условная высота.

Вследствие этих преобразований изменяется и вид краевых условий на твердой поверхности. В новых переменных  $(x', t', z')$  уравнения (1) – (5) усложняются за счет появления дополнительных членов, требующих изменения основного алгоритма. Форма рельефа деформируется.

2. Использование метода фиктивных областей, состоит в дополнении фактической области интегрирования криволинейной границей и сводится к численному решению систем уравнений, полученных в результате преобразования исходной задачи, в более простых областях.

Для учета криволинейной границы воспользуемся идеей метода фиктивных областей. Не прибегая к модификации дифференциальных уравнений исходной модели в фиктивных областях, изложим общую схему этого метода применительно к нестационарной задаче рассматриваемого класса. Уравнения (1) – (5) запишем в операторной форме:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + A_1 \varphi = F_1, \quad \varphi = (u, w), \quad (23)$$

где матрица  $A$  имеет форму:

$$A_1 = \begin{pmatrix} \frac{d}{dt} - \Delta_x & 0 & S & \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} \\ 0 & \frac{d}{dt} - \Delta_y & \lambda & \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & 0 & \frac{d}{dt} - \Delta_r & 0 \end{pmatrix}$$

Пусть операторное уравнение определяется в области  $D_1$ . Дополним область  $D_1$  до четырехугольника  $D$ , и будем рассматривать на ней следующую задачу:

$$\frac{\partial \bar{\varphi}}{\partial t} + A \bar{\varphi} = F, \quad (24)$$

где

$$A = \begin{cases} A_1 & \text{для } (x, z) \in D_1 \\ 0 & \text{для } (x, z) \in D_2 \end{cases} \quad \text{для } (x, z) \in D_1; \\ \text{для } (x, z) \in D_2.$$

$$F = \begin{cases} F_1 & \text{для } (x, z) \in D_1 \\ 0 & \text{для } (x, z) \in D_2 \end{cases} \quad \text{для } (x, z) \in D; \\ \text{для } (x, z) \in D_2.$$

Через  $D_2$  обозначено дополнение основной области  $D_1$  до прямоугольника  $D$ . Идея метода фиктивных областей в этом случае с конструктивной точки зрения является очень удобной для численного решения уравнения гидродинамики (1) – (4).

### Численный алгоритм решения разностных уравнений

Следуя [5] на каждом временном шаге  $t_j \leq t \leq t_{j+1}$  будем расщеплять задачу на два этапа по каждой координате (перенос и турбулентный обмен):

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u u}{\partial x} - \mu_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \rho \\ \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial u w}{\partial x} - \mu_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0 \\ \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial u T}{\partial x} - \mu_T \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0 \end{cases} \quad (25)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u w}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial z} \nu \frac{\partial u}{\partial z} = 0 \\ \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial w w}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial z} \nu \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \\ \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial w T}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial z} \nu \frac{\partial T}{\partial z} = 0 \end{cases} \quad (26)$$

После этого решаем динамическое согласование гидродинамических полей:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x}, \quad \frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial z} + \lambda \cdot T' \quad (7)$$

Крайевые условия остаются те же, т.е. (13) – (17).

Введем в непрерывной области определения переменных  $x, z, t$ .  $D_{\omega} = D \times [0, T]$  сеточную область  $D_{\omega}^h$  как прямое произведение одномерных сеток в направлении соответствующих координат:

$$D_{\omega}^h = \omega_x \times \omega_z \times \omega_t \quad (28)$$

На сетке  $D_{\omega}^h$  определим пространства сеточных функций

$$\bar{\varphi}^n \in Q^n(D_{\omega}^h), \quad \bar{\varphi}^n = \{\bar{\varphi}_{ij}^n = \bar{\varphi}(x_{i+1/2}, z_{j+1/2}, t^n)\}, \quad \bar{\varphi}^n = (u^n, w^n, P^n);$$

Тогда уравнение (1) – (3) аппроксимируется следующей разностной схемой:

$$\begin{cases} \frac{u_i^{n+1/2} - u_i^n}{\Delta t/2} + \frac{u_{i-1/2}^n u_{i+1/2}^{n+1/2} - u_{i+1/2}^n u_{i-1/2}^{n+1/2}}{2\Delta_x} + \frac{\mu_x (u_{i-1/2}^{n+1/2} - 2u_i^{n+1/2} + u_{i+1/2}^{n+1/2})}{\Delta_x^2} = 0 \\ \frac{w_i^{n+1/2} - w_i^n}{\Delta t/2} + \frac{u_{i-1/2}^n w_{i+1/2}^{n+1/2} - u_{i+1/2}^n w_{i-1/2}^{n+1/2}}{2\Delta_x} + \frac{\mu_x (w_{i-1/2}^{n+1/2} - 2w_i^{n+1/2} + w_{i+1/2}^{n+1/2})}{\Delta_x^2} = 0 \\ \frac{T_i^{n+1/2} - T_i^n}{\Delta t/2} + \frac{u_{i-1/2}^n T_{i+1/2}^{n+1/2} - u_{i+1/2}^n T_{i-1/2}^{n+1/2}}{2\Delta_x} + \frac{\mu_T (T_{i-1/2}^{n+1/2} - 2T_i^{n+1/2} + T_{i+1/2}^{n+1/2})}{\Delta_x^2} = 0 \end{cases} \quad (29)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{w_y^{n+1} - w_y^{n+1/2}}{\Delta t/2} - \frac{w_{y-1/2}^{n+1/2} w_{y+1}^{n+1} - w_{y-1/2}^{n+1/2} w_{y+1}^{n+1/2}}{2\delta_y} &= \frac{1}{\delta_y} \left[ v_{j-1/2} \frac{u_{ij}^{n+1} - u_{ij-1}^{n+1}}{\Delta x_j} - v_{j+1/2} \frac{u_{ij+1}^{n+1} + u_{ij}^{n+1}}{\Delta x_{j+1}} \right] = 0, \\
 \frac{w_y^{n+1} - w_y^{n+1/2}}{\Delta t/2} - \frac{w_{y-1/2}^{n+1/2} w_{y+1}^{n+1} - w_{y-1/2}^{n+1/2} w_{y+1}^{n+1/2}}{2\delta_y} &= \frac{1}{\delta_y} \left[ v_{j-1/2} \frac{w_{ij}^{n+1} - w_{ij-1}^{n+1}}{\Delta x_j} - v_{j+1/2} \frac{w_{ij+1}^{n+1} + w_{ij}^{n+1}}{\Delta x_{j+1}} \right] = 0, \\
 \frac{T_y^{n+1} - T_y^{n+1/2}}{\Delta t/2} - \frac{w_{y-1/2}^{n+1/2} T_{y+1}^{n+1} - w_{y-1/2}^{n+1/2} T_{y+1}^{n+1/2}}{2\delta_y} &= \frac{1}{\delta_y} \left[ v_{j-1/2} \frac{T_{ij}^{n+1} - T_{ij-1}^{n+1}}{\Delta x_j} - v_{j+1/2} \frac{T_{ij+1}^{n+1} - T_{ij}^{n+1}}{\Delta x_{j+1}} \right] = 0
 \end{aligned} \right\} (30)$$

Уравнения (29) и (30) очень просто реализуется методом скалярной прогонки [6].

Полученные из решения поля скоростей ( $u^{n+1}, w^{n+1}$ ) не удовлетворяют уравнению неразрывности (3). Поэтому следующим этапом вычислений является коррекция их по давлению. А именно, на втором полушаге по времени решаются уравнения:

$$\left\{ \begin{aligned}
 \frac{\partial u}{\partial t} &= -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x}, \\
 \frac{\partial w}{\partial t} &= -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial z} + \lambda T, \\
 \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} &= 0.
 \end{aligned} \right. (31)$$

На первом полушаге полученные значения обозначим  $u^* = u^{n+1}, w^* = w^{n+1}$  и представим временные производные в уравнениях (31) в конечно-разностном виде:

$$\frac{u^{n+1} - u^*}{\Delta t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x}, \quad \frac{w^{n+1} - w^*}{\Delta t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + \lambda T, (32)$$

где  $\Delta t = t^{n+1} - t^n$  — шаг по времени. Подставим (32) в уравнение неразрывности (3), учитывая, что скорость в момент времени  $t^{n+1}$  должны удовлетворять условию этого уравнения. Тогда получим

$$\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = \frac{1}{\Delta t} \left( \frac{\partial u^*}{\partial x} + \frac{\partial w^*}{\partial z} \right) + \frac{\partial T}{\partial z}. (33)$$

После решения диагностического уравнения (33) находим исправленные значения скоростей  $u^{n+1}$  и  $w^{n+1}$ . Надо отметить, что уравнение (33) решается по известным методам верхней релаксации [6].

Остановимся теперь на следующем. Второй член в правой части уравнения (33) много больше первого. Вследствие этого при решении (33) могут возникать большие ошибки. Чтобы эти ошибки не возникли, рас-



смотрим давление в виде двух слагаемых  $P = P_s + P_d$ . Гидростатическое давление определяется из уравнения квазистатики

$$\frac{\partial P_s}{\partial z} = \lambda T; \quad (34)$$

для определения  $P_s$  из (33) и (34) получаем следующее уравнение:

$$\frac{\partial^3 P}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 P}{\partial z^3} = \frac{\rho_0}{\Delta t} \left( \frac{\partial u^*}{\partial x} + \frac{\partial v^*}{\partial z} \right) - \frac{\partial^2 P_s}{\partial x^2}. \quad (35)$$

Формула (32) в результате преобразования сводится к виду:

$$\left. \begin{aligned} u^{n+1} &= u^* - \Delta t \left( \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P_d}{\partial x} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P_s}{\partial x} \right) \\ w^{n+1} &= w^* - \Delta t \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P_d}{\partial z} \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

Теперь рассмотрим метод решения уравнения переноса. При решении уравнения переноса предъявляются дополнительные требования к разностной схеме и методам решения. Поскольку концентрация по физическому смыслу является неотрицательной величиной, целесообразно использовать так называемые «монотонные» схемы, позволяющие получать неотрицательные решения. Для уравнения (7) ставим общие краевые условия, а частные краевые условия легко получаются из общего. Отметим, что уравнение описывает только одну компоненту субстанции, например для снега. Тогда уравнение переноса имеет вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} - (W - W_s) \frac{\partial C}{\partial z} = \mu A_s C. \quad (37)$$

Для (37) ставим следующие краевые условия:

$$C = 0 \text{ при } z = H, \quad (38)$$

$$\mu \frac{\partial C}{\partial z} = -f \text{ при } z = z_0, \quad (39)$$

$$\mu \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \text{ при } x = (0; l), \quad (40)$$

$$C(x, z, t) = 0 \text{ при } t = 0. \quad (41)$$

Для получения дискретного по времени и пространству решения поставленной задачи (37) – (41) применим метод конечных элементов и метод конечных разностей [8], соответственно для аппроксимации производной по времени и пространственным координатам. Таким образом, заменяя производную от времени в уравнении (37) ее конечно-разностным аналогом, имеем:

$$\frac{C^{n+1} - C^n}{\Delta t} = \mu \frac{\partial^2 C^n}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 C^n}{\partial z^2} - U^n \frac{\partial C^n}{\partial x} - (W^n - W_z) \frac{\partial C^n}{\partial z}, \quad (42)$$

$$\begin{cases} C^{n+1} = 0 & \text{при } z = H \\ \mu \frac{\partial C^{n+1}}{\partial z} = -\beta C^{n+1} & \text{при } z = z_0 \\ \mu \frac{\partial C^{n+1}}{\partial x} = 0 & \text{при } x = (0; l) \\ C^{n+1} = 0 & \text{при } t = 0 \end{cases}, \quad (43)$$

где  $n = 0 \dots N$  — дискретное время;  $t^n = n\Delta t$ ,  $\Delta t$  — шаг по времени;  $C(n, x, z) = C(n\Delta t, x, z)$  — значение концентрации в дискретные моменты времени. Уравнения (42)–(43) описывают конечно-разностную аппроксимацию по времени концентрации в двумерном пространстве  $x, z$ .

Для получения модели, дискретной по координатам  $x, z$  используем метод расщепления по физическим факторам, который позволяет свести решение задачи (42)–(43) к эквивалентным подзадачам в одномерных пространствах. В результате применения двухциклической схемы Марчука [8] получаем следующие уравнения:

$$\left. \begin{aligned} \frac{C(n+1/4, x, z) - C(n, x, z)}{\Delta t} &= A_1 \{C(n+1/4, x, z) + C(n, x, z)\} / 2 \\ \frac{C(n+2/4, x, z) - C(n+1/4, x, z)}{\Delta t} &= A_2 \{C(n+2/4, x, z) + C(n+1/4, x, z)\} / 2 \\ \frac{C(n+3/4, x, z) - C(n+2/4, x, z)}{\Delta t} &= A_1 \{C(n+3/4, x, z) + C(n+2/4, x, z)\} / 2 \\ \frac{C(n+1, x, z) - C(n+3/4, x, z)}{\Delta t} &= A_2 \{C(n+1, x, z) + C(n+3/4, x, z)\} / 2 \end{aligned} \right\}, \quad (44)$$

где операторы  $A_1, A_2$  имеют вид:

$$A_1 = -u \frac{\partial C}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}, \quad A_2 = -(W - W_g) \frac{\partial C}{\partial z} + \nu \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}.$$

Последовательное решение уравнения (44) в одномерных пространствах дает решение исходного уравнения (37) в целом. Первое уравнение системы (44) решается для каждого значения координат  $z$ . Аналогично каждое следующее уравнение решается для всех значений остальных координат. Для разностной аппроксимации уравнений (44) по координатам  $x, z$  воспользуемся методом конечных элементов [8]. Дискретизация проводится по каждой координате  $x, z$  по отдельности. Область  $[0, H]$  разбивается на  $N$  интервалов с неравномерным шагом, для увели-

чения точности дискретной модели. В результате по каждой координате  $x, z$  получаем массив  $\{\Delta z_j, \Delta x_j\}$ .

Так как уравнения (44) однотипны, то рассмотрим только одно из них. При этом будем опускать индекс, обозначающий номер координаты, и обозначения другой координаты входящих в уравнение в виде параметров, а через  $C(n, i)$  обозначим значение функции в момент времени  $t_n = (n + i/\delta)\Delta t$  в точке  $z_i = i\Delta z$ . С учетом принятых допущений рассмотрим решение уравнения вида:

$$C(n+1, z) = A_0 C(n, z), \quad z \in [0, H] \text{ с краевыми условиями}$$

$$C(n+1, z) = 0 \text{ при } z = H,$$

$$C(n+1, z) = -\beta C(n, z) \text{ при } z = z_0.$$

Внутри интервала  $I_{2i} = (z_{i-1}, z_{i+1})$  интерполируем функцию  $C(n, z)$  квадратичным полиномом

$$C(n, z) = a_i (z - z_i)^2 + b_i (z - z_i) + s_i, \quad z \in I_{2i} \quad (45)$$

в котором коэффициенты  $a_i, b_i$  и  $s_i$  изменяются от интервала к интервалу. Для их определения используем условие прохождения параболы (45) через точки  $C(n, i), C(n, i + 1/2), C(n, i + 1)$ . В результате получаем следующие значения коэффициентов:

$$\left. \begin{aligned} a_i &= \frac{C(n, i-1)\Delta z_{i+1} - C(n, i)(\Delta z_i + \Delta z_{i+1}) + C(n, i+1)\Delta z_i}{\Delta z_i \cdot \Delta z_{i+1} \cdot (\Delta z_i + \Delta z_{i+1})} \\ b_i &= \frac{C(n, i+1)\Delta z_i^2 + C(n, i)(\Delta z_{i+1}^2 - \Delta z_i^2) - C(n, i-1)\Delta z_{i+1}^2}{\Delta z_i \cdot \Delta z_{i+1} \cdot (\Delta z_i + \Delta z_{i+1})} \\ s_i &= C(n, i) \end{aligned} \right\} \quad (46)$$

Аппроксимируя  $u(i, z)$  и считая, что они изменяются внутри интервала  $I_i = (z_{i-1}, z_i)$  и  $I_{i+1} = (z_i, z_{i+1})$  получаем

$$u(i, z) = \begin{cases} u(n, i-1) + (z - z_i)[u(n, i) - u(n, i-1)]/\Delta z, & z \in I_i \\ u(n, i) - (z - z_i)[u(n, i+1) - u(n, i)]/\Delta z_{i+1}, & z \in I_{i+1} \end{cases} \quad (47)$$

Для получения модели, дискретной по пространству, применим одну из разновидностей метода конечных элементов – метод Галеркина [6, 8]. Согласно этому методу на принятой сетке с шагом  $\Delta z$ , определим систему базисных функций вида

$$q_i(z) = \begin{cases} \frac{z - z_{i-1}}{z_i - z_{i-1}}, & z \in I_i \\ 1 - \frac{z - z_i}{z_{i+1} - z_i}, & z \in I_{i+1} \end{cases} \quad (48)$$

причем  $q_i(z_{i-1}) = q_i(z_{i+1}) = 0$ ;  $q_i(z_i) = 1$ .

Приближенное решение  $C(n, i)$  исходного уравнения (37) ищем в виде линейных комбинаций базисных систем:

$$C(n, i) = \sum_{i=0}^N C(n, i) q_i(z). \quad (49)$$

Приравнявая к нулю скалярное произведение уравнения (37) и учитывая (49) получим для нахождения коэффициентов  $C(n, i)$ . Под скалярным произведением здесь понимается интеграл от произведения функций, взятый по области  $[0, H]$ , т.е.

$$\int_0^H (AC - f - \bar{w}) q dz = 0, \quad (50)$$

где  $(AC - f - \bar{w})$  – символическое обозначение рассматриваемого уравнения (34). После численного интегрирования и ряда алгебраических преобразований получаем:

$$a_{-1}(i+1)C(n+1, i-1) + a_0(n+1)C(n+1, i) + a_1(n+1)C(n+1, i+1) = \\ = a_{-1}(k)C(n, i-1) + a_0(n)C(n, i) + a_1(n)C(n, i+1) \quad (51)$$

где  $a_{-1}(n+1)$ ,  $a_0(n+1)$ ,  $a_1(n+1)$ ,  $a_{-1}(n)$ ,  $a_0(n)$ ,  $a_1(n)$  – коэффициенты разностного уравнения, определяемые через коэффициенты исходного дифференциального уравнения и параметры дискретизации. Для решения неясных разностных уравнений типа (50) можно применить метод прогонки [5, 6], который удобен тем, что при сравнительной простоте программной реализации он требует относительно мало машинных ресурсов. Этот принцип решения (7) с краевыми условиями дает возможность одновременно решать уравнения гидродинамики и ветрового переноса субстанции. Надо отметить, построенная схема решения ветрового переноса с помощью конечных элементов является монотонной разностной схемой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей. Под редакцией Ф.Т.М. Ньистада и Х. Ван-Дона Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 341 с.

2. Бялобженский, Дюнин А.К. и др. Зимнее содержание автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1983, 150 с.
3. Закиров Р.С. Предупреждение песчаных заносов железных, автомобильных дорог и ирригационных сооружений. –М.: ЦМП ГКНТ СССР, 1983. –с.165.
4. Копанев Н.Д. Методы изучения снежного покрова. –Л.: Гидрометеопиздат, 1971 –225 с.
5. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982, 315 с.
6. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1989 – 614 с.
7. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеопиздат, 1976. 628 с.
8. Митчелл Э., Уэйт Р. Метод конечных элементов для уравнения с конечными производными. – М.: Мир, 1981 – 160 с.
9. Монин А.С., Яглом А.М. Статическая гидромеханика. Ч.1. М.: Наука, 1965
10. Семенов О.Е. Особенности строения приземного слоя атмосферы при песчаных бурях. // Сб. «Проблемы гидрометеорологии и экологии», Алматы, 2001, с.59-63
11. Murgur L. A numerical model of the urban heat island// J. Appl. Meteorol. №8, p.908-918, 1991.
12. Shreffler J.H. Numerical experimentation with particles having non – zero terminal velocity in the atmospheric surface layer // Bound. Layer Meteorol. 1995, v.9, №2.

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати.

## **КАНАЛ ҚАЗЫЛЫМДАРЫНЫҢ ЖЕЛ ҰШЫРЫНДЫЛАРЫМЕН ТОЛУЫН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛДЕУ**

Техн. ғылымд. канд. С.М. Қойбақов

*Қазылымдардың аэродинамикалық ағып летуін сандық эксперименттер қымегімен болжамдау арқылы ашық каналдар арналарының борасын қарлармен және суырмалы топырақтармен толуының математикалық моделі берілген.*

УДК 551:579.5 (476) — — — —

**О РОЛИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЕЙ БАЛАНСА  
ЕСТЕСТВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ ПРИ ОБОСНОВАНИИ  
ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА РЕК**

Канд. геогр. наук

М.Ж. Бурлибаев

Канд. геогр. наук

А.А. Волчек

Канд. техн. наук

Н.Н. Шпендик

*В настоящее время при обосновании оросительных норм в орошаемом земледелии, и, соответственно, экологического стока ниже крупных гидротехнических узлов, естественная увлажненность почв зачастую не принимаются в расчет. В лучшем случае при обосновании оросительных норм исходят из аксиомы, что маловодье в речном бассейне совпадает во времени с засухой в зоне рассеивания речного стока. Как показывают наши исследования, маловодье и засуха не одно и то же по своей природе происхождения. Маловодье, в аридных зонах – фактор, определяемый зоной формирования речного стока, тогда как засуха исключительно зоной использования. Поэтому, в данной статье статистическая структура полей баланса естественного увлажнения почв выступает ключевым моментом при обосновании оросительных норм и экологического стока, а также рационального использования и охраны водных ресурсов.*

Сведения об естественном увлажнении почвы представляют большую ценность при решении целого ряда научно-практических задач. Вопросы мелиорации, водно-балансовые расчеты и водохозяйственный баланс, обоснование экологического стока рек, оценка влагообеспеченности сельскохозяйственных растений, определение сроков сева и способа уборки урожая, проходимость автотракторной техники - вот далеко не полный перечень тех важных задач, которые могут быть решены только при наличии сведений о влажностном режиме почв. Сведения о балансе естественного увлажнения почвы крайне необходимы при решении задач моделирования и прогноза засушливых явлений погоды, а также погодных ситуаций, представляющих определенную опасность для сельскохозяйственно-

го производства (эрозийноопасное состояние почвы, предпосылки к вымоканию, полеганию и болезням сельскохозяйственных культур), а также при составлении водохозяйственного баланса с учетом необходимости обоснования экологического стока рек.

Существо перечисленных выше задач требует при их решении наличия сведений о влажности почвы не в точке, а на некоторой площади, величина которой зависит как от характера решаемой задачи, так и от природы поля баланса естественного увлажнения почвы.

По своей сущности влажность почвы представляет собой сложное природное формирование, в основе которого лежит процесс рандомизации. Суть, которого заключается в суммировании всех случайно действующих факторов, определяющих условия формирования водного режима почв. Процесс рандомизации приводит к тому, что значения баланса естественного увлажнения почвы в различных точках территории имеют характер случайных величин и проявляются в виде дискретного случайного поля.

Поле баланса естественного увлажнения почвы является исключительно сложным природным формированием с отчетливо выраженным сезонным и годовым ходом. Влажностный режим почвы формируется под совокупным влиянием как погодных условий (осадки, температура, влажность воздуха и др.), так и целого ряда гидрофизических и агрометеорологических элементов и факторов, таких как глубина залегания грунтовых вод, механический состав и тип почв, рельеф местности и др.

Поле баланса естественного увлажнения почвы, с точки зрения существа и информативности этого случайного природного формирования, в общем случае может быть рассмотрено как дискретно-случайный комплекс значений баланса естественного увлажнения почвы, ограниченный в каждом конкретном случае размерами изучаемой территории и мощностью рассматриваемого слоя.

Стохастическая природа поля предопределяет использование в качестве подхода к его описанию аппарата математической статистики, базирующегося на законах теории случайных функций. Такой подход к исследованию структуры баланса естественного увлажнения почвы позволяет вскрыть его общие свойства, характерные для территорий определенного масштаба во времени.

При этом использовано два подхода к решению проблемы с помощью: классических методов математической статистики (законов распре-

деления, статистических моментов); аппарата корреляционной теории случайных функций.

Факт изменения одной случайной величины в зависимости от другой содержит две компоненты: стохастическую и случайную. В том случае, когда случайные величины связаны между собой зависимостью, это указывает на наличие стохастической компоненты. Случайная же компонента характеризует каждое случайное событие по комплексу основных, присущих только данному событию факторов. Если стохастическая компонента отсутствует, то случайные величины независимы. Отсутствие или наличие стохастической связи между случайными величинами в значительной степени предопределяет один из возможных вариантов подхода к исследованию статистической структуры поля баланса естественного увлажнения почвы.

Огромное значение при решении задачи исследования структуры поля баланса естественного увлажнения почвы принадлежит исходной информации по влажностному режиму почвы. Исходная информация предопределяет не только методы исследования, но от нее в огромной мере зависит качество итога исследования. Поэтому прежде чем приступить к описанию статистической структуры поля, проанализируем имеющуюся исходную информацию по влажностному режиму почв.

Влажность почвы зависит от ряда факторов: механического состава, произрастающих культур, экспозиции склона и др. Поэтому измеренная влажность почвы характеризует только локальный участок измерения. В настоящей работе использованы влажности почвы рассчитанные методом водного баланса, которые в большей степени характеризуют зональность изменения и являются репрезентативными для больших территорий.

В основу определения баланса естественного увлажнения положено уравнение водного баланса деятельного слоя почвы [1]:

$$W_{i+1} = W_i + X_i - V_0' \cdot Zm_i, \quad (1)$$

где  $W_{i+1}, W_i$  - полезные запасы влаги (мм) на конец и начало расчетного интервала;  $X_i$  - атмосферные осадки за расчетный интервал, мм;  $V_0'$  - уровень увлажнения деятельного слоя почвы;  $Zm_i$  - максимально возможное испарение за расчетный интервал (мм).

Наличие дефицитов ( $D_i$ ) или избытков ( $I_i$ ) водного баланса (ВБ) корнеобитаемого слоя почвы за расчетный интервал времени устанавливается из соотношений:



$$D_i \cdot (I_i) ВВ = \begin{cases} W_i - W_{\text{нв}}, & \text{если } W_i > W_{\text{нв}} - \text{требуется осушение;} \\ 0, & \text{если } W_{\text{нв}} > W_i \geq W_{\text{кр}} - \text{гидромелиорация не требуется;} \\ W_i - W_{\text{кр}}, & \text{если } W_i < W_{\text{кр}} - \text{требуется орошение,} \end{cases} \quad (2)$$

где  $W_{\text{нв}}$  - наименьшая влагоемкость;  $W_{\text{кр}}$  - влажность разрыва капиллярных связей.

Расчеты баланса естественного увлажнения выполнены для полуметрового слоя дерново-подзолистых почв по 35 метеостанциям за 35-летний период для месячных интервалов времени и вегетационного периода.

Изменчивость величин баланса естественного увлажнения почвы по территории республики колеблется в больших пределах. Для вегетационного периода коэффициент вариации  $C_v$  изменяется от 0,46 до 1,63 и в среднем составляет 0,81. Коэффициенты вариации месячных величин для исследуемой территории в среднем 1,18; 1,02; 1,69; 2,14 соответственно для мая, июня, июля и августа. Примерно такого же порядка и пространственная изменчивость баланса естественного увлажнения (табл. 1)

Таблица 1

Средние коэффициенты пространственной вариации баланса естественного увлажнения

	Период				
	май	июнь	июль	август	вегетационный
$C_v$	1,19	1,15	1,40	1,61	0,70

Если пространственно-временная дискретность наблюдений не позволяет исследовать его тонкую структуру, связанную с низкочастотными составляющими процесса, то недостаточность выборок является наиболее серьезным моментом, сдерживающим исследования статистической структуры поля.

Наиболее простым, а потому и часто используемым в климатологической обработке статистических рядов методом увеличения объема исходных выборок, является метод объединения в один исходный статистический ряд данных о метеорологическом элементе, относящихся к различным, чаще всего последовательным, временным интервалам в многолетнем ходе. В некоторых задачах такой подход правомочен, хотя и требует в каждом конкретном случае строгого обоснования. В настоящей работе использован способ объединения значений конкретного месяца в одну выборку.

В статистическом смысле подобная задача адекватна задаче проверки «нуль - гипотезы» и сводится к доказательству принадлежности объединяемых выборок к одной и той же генеральной совокупности. Положительный исход проверки «нуль - гипотезы» для объединяемых выборок позволяет формировать одну квазистационарно однородную совокупность, являющуюся отражением физического существа процесса формирования поля баланса естественного увлажнения почвы и обладающую большей информативностью, чем каждый из объединяемых рядов.

Используемый метод позволяет привлечь к статистической обработке значительный по объему исходный материал. Полученные предлагаемым методом кривые распределения и их моменты должны быть репрезентативными для значительных по размерам территорий во времени. Суть метода объединения многолетних исходных пространственно-временных выборок значений влажности почвы состоит в следующем [2]. Если на изучаемой территории расположено  $j$  ( $j = 1, \dots, k$ ) станций, имеющих продолжительность наблюдений за влажностью почвы в вегетационный период  $i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) месяцев, то совокупность всех средних многолетних значений баланса естественного увлажнения почвы  $j$  месяцев есть матрица

$$\bar{W} = \begin{pmatrix} \bar{w}_{11} & \bar{w}_{12} & \dots & \bar{w}_{1k} \\ \bar{w}_{21} & \bar{w}_{22} & \dots & \bar{w}_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{w}_{N1} & \bar{w}_{N2} & \dots & \bar{w}_{Nk} \end{pmatrix} \quad (3)$$

а соответствующие ей матрицы дисперсий  $S_{ij}^2$  и степеней свободы  $f_{ij} = n_{ij} - 1$ , соответственно

$$S^2 = \begin{pmatrix} s_{11}^2 & s_{12}^2 & \dots & s_{1k}^2 \\ s_{21}^2 & s_{22}^2 & \dots & s_{2k}^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{N1}^2 & s_{N2}^2 & \dots & s_{Nk}^2 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

$$f = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1k} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{N1} & f_{N2} & \dots & f_{Nk} \end{pmatrix} \quad (5)$$

где  $n_{ij}$  - объем соответствующей выборки.

Если некоторое количество выборок принадлежат одной генеральной совокупности, то им должна соответствовать одна генеральная дисперсия  $\sigma_w^2$ . В качестве оценки правомочно использовать средневзвешенную выборочную дисперсию  $s^2$  (предварительное сравнение выборочных дисперсий можно осуществить по критерию Бартлера):

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k s_{ij}^2 \cdot f_{ij}}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k f_{ij}} \quad (6)$$

При выполнении «нуль – гипотезы» о равенстве средних многолетних  $\bar{w}_{ij}$ , в качестве оценки единого генерального среднего  $\bar{W}$  вычисляют общее среднее из всех рассматриваемых по формуле

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k w_{ij}}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k ij} \quad (7)$$

где  $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k ij - 1$  степени свободы.

В случае однородности полученных двумя способами оценок генеральной дисперсии  $\sigma_w^2$  отношение их должно подчиняться распределению Фишера с  $\left( \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k ij - 1, \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k ij \right)$  степенями свободы. При доверительной вероятности  $1-p$  в этом случае должна быть справедлива оценка

$$\frac{s_{ij}^2}{s^2} \leq F_{1-p} \left( \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k ij - 1, \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k ij \right) \quad (8)$$

Из выражения (7) следует критерий сравнения выборочных средних. На уровне значимости  $p$  гипотеза о равенстве средних в совокупности отклоняется при условии, если

$$\frac{s_{ij}^2}{s^2} > F_{1-p} \left( \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k ij - 1, \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k ij \right) \quad (9)$$

Таким образом, используемый метод позволяет решить пространственно-временную задачу сравнения выборочных средних. Это позволяет

выделять статистически однородные (на некотором уровне значимости) по фону увлажнения расчетного слоя почвы рассматриваемой территории при статистически обоснованных параметрах масштабности явления. Преимущество такого подхода заключается в том, что он позволяет использовать несинхронные ряды наблюдений с различным числом реализаций. В работе использован критерий Фишера (F-критерий), который нечувствителен к нарушению закона нормальности распределения, в то время как критерии Бартлета и Кохрена, которые также могут быть использованы при сравнении средних, весьма чувствительны к отклонению выборочных распределений от закона нормального распределения.

Реализация задачи объединения пространственно-временных выборок в одну однородную статистическую совокупность сводится к численному эксперименту-моделированию, заключающемуся в том, что при помощи вычислительного процесса формируется по значениям  $\bar{W}$  и  $s_w^2$  однородные статистические совокупности, которым соответствуют локально-однородные на интервале квазистационарности поля баланса естественного увлажнения почвы. В табл. 2 приведены статистические характеристики объединенных кривых распределения вероятностей баланса естественного увлажнения корнеобитаемого слоя дерново-подзолистых почв.

Таблица 2

Статистические характеристики объединенных кривых распределения вероятностей баланса естественного увлажнения корнеобитаемого слоя дерново-подзолистых почв

Коэффициент	Период					
	апрель	май	июнь	июль	август	вегетационный
Вариации	1,01	1,12	1,06	1,04	1,03	0,69
Асимметрии	1,31	1,35	1,43	1,35	1,37	0,31
Автокорреляции	-0,07	0,17	-0,06	0,08	0,07	0,04

Возможности корректного описания различных метеорологических полей с помощью пространственно-корреляционных функций (ПКФ), которая является показателем наличия стохастической связи между случайными величинами в пространстве и во времени, в значительной степени зависит от однородности исходных выборок. Концепция однородности исходных выборок в задачах применения корреляционного анализа к исследованию наземных метеорологических полей весьма специфична и теснейшим образом связана с природой рассматриваемых полей.

Исходя из стохастической природы большинства реальных метеорологических полей, которые формируются под совокупным влиянием многих природных факторов, изучать успешно их можно лишь в том случае, если они статистически однородны, необходимым условием чего является постоянство суммарного эффекта взаимодействия основных факторов, формирующих поле конкретного метеорологического элемента.

С учетом того, что метеорологические элементы имеют широтный и годовой ход, исходные выборки, являющиеся количественным отражением конкретного поля метеорологического элемента, статистически однородны лишь на некотором временном интервале и для ограниченной по размерам территории.

Исследования ПКФ выполнены, как в целом для республики, так и дифференцированно по территории, в зависимости от влияния господствующих воздушных масс: поле ориентировано в направлении северо-восток – юго-запад (влияние воздушных масс Северного Ледовитого океана); поле ориентировано в направлении запад-восток (влияние континентальных воздушных масс); поле ориентировано в направлении северо-запад – юго-восток (влияние воздушных масс Атлантического океана).

Предполагается, что характер анизотропии в пределах рассматриваемой территории и в пределах выделенных градаций углов не изменяется. Статистическая структура гидрометеорологических полей не остается постоянной в течение года. Для выявления характера внутригодовых соотношений между мелкомасштабной и крупномасштабной составляющими выполнены расчеты для месячных интервалов и вегетационного периода. Для этих случаев рассчитаны ПКФ в диапазоне расстояний между метеостанциями до 700 км (рис. 1).

В мезомасштабной области для баланса естественного увлажнения почвы вклад крупномасштабной составляющей неодинаков. Поскольку коррелированность поля крупномасштабной составляющей выше, чем мелкомасштабной – значения ПКФ завышаются для значений  $\rho$ , не превышающих среднего масштаба крупных флуктуаций поля за счет крупномасштабной составляющей. Это обстоятельство учтено при выборе аналитической аппроксимации эмпирических корреляционных зависимостей и предпочтение отдано экспоненциально-степенной зависимости типа

$$r(l) = \exp(-\alpha \cdot l^\beta), \quad (10)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  - эмпирические коэффициенты, приведенные в табл. 3.

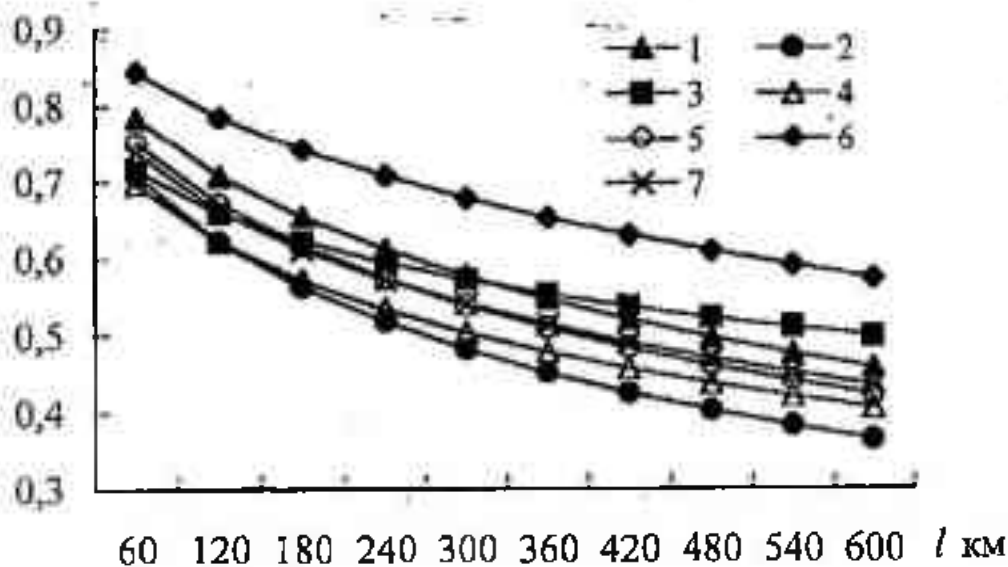


Рис. 1. Пространственно-временные корреляционные функции баланса естественного увлажнения дерново-подзолистых почв.

1 – апрель; 2 – май; 3 – июнь; 4 – июль; 5 – август; 6 – сентябрь;  
7 – вегетационный период.

Таблица 3

Характеристика статистической структуры баланса естественного увлажнения

Параметр	Период					
	апрель	май	июнь	июль	август	вегетационный
$\alpha$	0,03	0,05	0,09	0,07	0,04	0,05
$\beta$	0,51	0,47	0,32	0,40	0,48	0,44

Сезонный ход изменчивости связности поля баланса естественного увлажнения почвы устанавливается достаточно уверенно: минимум корреляция достигает в мае. Отмечается большая коррелированность в апреле, июне и в сентябре. Поле баланса естественного увлажнения почвы в апреле характеризуется значительной однородностью, так как в это время влаги в почве достаточно, чтобы поддерживать оптимальный водно-воздушный режим и баланс естественного увлажнения почвы по всей территории избыточный, наблюдаются однородные поля на достаточно обширных территориях. В мае весенние влагозапасы значительно истощаются, большую роль играет механический состав почвы и на первое место выступают атмосферные осадки, которые в этот период неоднородны.

Этот месяц является как бы переходным, в это время наблюдаются как дефициты влаги, так и избытки. Когда в июне весенние влагозапасы, в основном, расходованы и по всей территории наблюдается дефицит водного баланса корнеобитаемого слоя. В сентябре бывают достаточно затяжные дожди, которые охватывают большие территории и в это время почти повсеместно отмечаются избытки влаги.

Вопрос анизотропности поля баланса естественного увлажнения изучался путем исследования изокоррелят для различных периодов осреднения. Поля изокоррелят для каждого месяца имеют вид эллипсов, меньшая ось которых ориентирована в направлении преобладающего переноса воздушных масс (рис. 2).

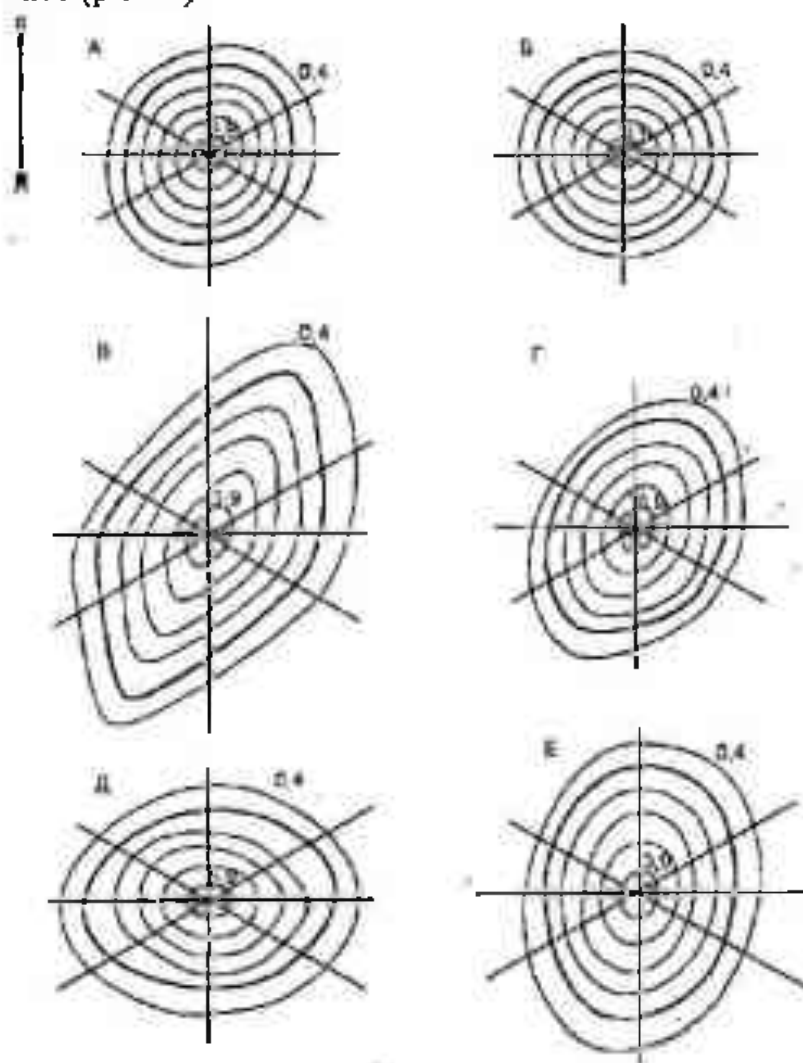


Рис. 2. Изокорреляты полей баланса естественного увлажнения.  
 А – апрель; Б – май; В – июнь; Г – июль; Д – август; Е – вегетационный период (шаг изокоррелят 0,1).

В апреле и мае изокорреляты по форме близки к кругу. В этот период поля баланса естественного увлажнения, в основном, однородны, т.к.

повсеместно баланс естественного увлажнения имеет положительный знак или оптимален. В июне баланс естественного увлажнения уже имеет разные знаки по территории. Влажность почвы определяется метеорологическими условиями (атмосферными осадками и теплоэнергетическими ресурсами испарения), поэтому изокорреляты приобретают форму эллипсов с большой осью ориентированной в направлении северо-восток – юго-запад. В этот период атмосферное давление понижается с юго-запада – северо-восток и преобладающими становятся северо-западные и западные ветры. Они связаны либо с тыловой частью западных циклонов, либо с восточной окраиной областей высокого давления, идущих с Атлантики на материк [3]. Менее выражены, но идентичные по характеру изокорреляты наблюдаются и в июле месяце, так как атмосферные процессы в июне и июле схожи. В августе главная ось эллипса занимает положение запад – восток, здесь на первый план выступают теплоресурсы, которые и определяют характер изменения баланса естественного увлажнения. В целом за вегетационный период характер изокоррелят представляет собой эллипс с главной осью ориентированной в направлении север – юг, так как преобладающее влияние оказывают воздушные массы Атлантического океана.

Учет пространственно-временных колебаний естественного увлажнения позволяет раскрыть закономерности формирования водного режима больших территорий и уточнить потребности в воде при мелиорации больших территорий. Это в свою очередь, сокращает проектные потребности в водных ресурсах в целом водохозяйственного комплекса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валуев В.Е., Волчек А.А., Мешик О.П. Моделирование динамики почвенных влагозапасов на стадии управления сооружениями мелиоративных систем // «Вестник БПИ – Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология», №2, 2000 – С. 30 – 35.
2. Конторшиков В.И. Статистическая структура поля влажности почвы Украины// Тр. УкрНИИГМИ. – 1979. – Вып.7. – С. 171. – 120.
3. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. – Минск: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.

Казахский научно исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата,  
НИИ проблем Полесья НАН Республики Беларусь



## СУҒАРУ НОРМАЛАРЫ МЕН ӨЗЕНДЕРДІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ АҒЫСТАРЫН НЕГІЗДЕУ ҮШІН ТОПЫРАҚТЫҢ ТАБИҒИ ЫЛҒАЛДАНУЫ БАЛАНСЫНЫҢ АУДАНДАРЫ СТАТИСТИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ РӨЛІ ТУРАЛЫ

Геогр.ғылымд. канд. М.Ж. Бүрлібаев

Геогр.ғылымд. канд. А.А. Волчек

Техн.ғылымд. канд. Н.Н. Шпендик

*Қазіргі кезде суармалы егіншілікте суғару нормаларын және сәйкесінше ірі гидротехникалық тораптардан төмен тұрған экологиялық ағыстарды негіздеу кезінде топырақтың табиғи ылғалдануы есепке алынбай жүр. Суғару нормаларын негіздеу кезінде саналатын ең үлкен жағдай — өзен алабындағы судың азаюы өзен ағысының таралу аймағындағы құрғақшылықпен бір уақытта болады деген аксиома. Біздің зерттеулеріміз көрсеткендей, қуаңшылық пен құрғақшылықтың пайда болу көзі бір емес. Қуаңшылық аридтік аймақтарда өзен ағысының құралу аймағымен айқындалатын фактор болып табылады, ал құрғақшылық тек қана пайдалану аймағында пайда болады. Сондықтан бұл мақалада топырақтың табиғи ылғалдану балансы ауданының статистикалық құрылымы суғару нормалары мен экологиялық ағысты және сонымен қатар су ресурстарын қорғау және ұтымды пайдалануды негіздеудегі ең басты мәселе ретінде көрсетілген.*

УДК 631.95

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ УРОЖАЙНОСТИ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ МОЛДАВСКОЙ СТЕПИ

Канд. с. - хоз. наук

Л.В. Федотова

Канд. геогр. наук

И.Д. Мангул

Н.Н. Казмалы

*Рассматривается продуктивность озимой пшеницы в Молдавии в зависимости от местоположения земель в засушливый 2000 год.*

Концепция развития устойчивого сельского хозяйства, которая легла в основу Национальной стратегии Устойчивого развития «Молдова 21» предусматривает адаптацию сельскохозяйственных технологий к конкретным почвенно-экологическим условиям [1].

Объектом нашего исследования послужил II агроклиматический район Южно-Молдавской провинции с преобладанием высот 80...100 м, при максимальных отметках 300м, и при минимальных 5...20 м [2]. Средняя многолетняя температура составляет 10,1...10,7 °С.

Погодные условия 2000 года весьма отличались от средних многолетних по сумме температур и осадкам. По данным Республиканской метеостанции в 2000 году за период апрель- август в г. Комрат сумма активных температур(> 10 °С) составила 2850 °С или на 84 °С выше среднемноголетних, а по Вулканештам – 3056 °С или на 172 °С больше среднемноголетнего показателя. Однако сумма осадков за период январь- август составила в Комрате – 182 мм, что составляет 53% от среднемноголетнего показателя и по Вулканештам – 188 мм или 50,8% от среднемноголетнего показателя.

Почвы степного района Южно-Молдавской провинции состоят в основном из обыкновенных (30,2 %) и карбонатных (23,9 %) черноземов.

Исследования проводились в населенных пунктах Дезгидже, Светлый и Вулканешты на 2-х типах участков с полнопрофильным черноземом суглинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава с уклоном 1 — 2°. Первый участок – с высокой продуктивностью, второй участок – с низкой продуктивностью. Исследовалась озимая пшеница следующих сортов: Струмок, Одесская-117, Одесская-162, Одесская –265. В

почве определялся гранулометрический состав, общий гумус, объемный вес, влажность. Проводились фенологические наблюдения, учет урожайности и качества пшеницы.

### Результаты исследований

В результате исследований (табл.1) установлено, что:

- В коммуне Дезгинжа почвы характеризуются низким содержанием гумуса (до 2,2 %) и рыхлым пахотным слоем (1,0 - 1,33 г/см<sup>3</sup>).
- В коммуне Светлый, почвы тяжелосуглинистые на участках с высокой продуктивностью и суглинистые на участках с низкой продуктивностью. Содержание гумуса в пахотном слое на первых участках составляет 3,6 %, а на вторых только 2,1%. Пахотный слой этой почвы рыхлый.
- В коммуне Вулканешты почвы суглинистые, рыхлые, содержание гумуса в пахотном слое на участках с высокой продуктивностью составляет 3,0...3,3 %, а на участках с низкой продуктивностью лишь 2,8 %..

Таблица 1

Содержание физической глины, гумуса, объемный вес и влажность почвы на опытных участках

Глубина, см	Содержание физической глины, %		Гумус, %		Объемный вес, г/см <sup>3</sup>		Влажность, мм	
	Первый участок	Второй участок	Первый участок	Второй участок	Первый участок	Второй участок	Первый участок	Второй участок
Дезгинжа								
0...5	35,71	36,17	2,19	1,92	1,017	1,066	7,38	6,03
5...10	-	36,17	2,19	1,92	1,087	1,127	9,9	7,59
10...15	35,71	-	-	-	1,108	1,142	14,09	10,6
15...20	-	-	-	-	1,144	1,185	16,4	12,63
20...25	-	39,53	2,04	-	1,33	1,205	16,45	15,06
25...30	-	39,53	2,04	-	1,246	1,239	17,24	15,14
30...35	35,28	-	-	2,22	1,311	1,307	17,2	14,46
35...40	35,28	-	-	2,22	1,267	1,333	17	14,59
40...50	-	42,42	1,8	-	1,273	1,246	16,79	16,62
50...60	38,14	-	-	2,04	1,302	1,272	16,07	16,48
60...70	-	-	-	-	1,221	1,247	18,08	17,07
70...80	48,64	45,07	0,93	0,93	1,245	1,224	18,77	17,25
90...100	51,09	45,07	0,93	0,75	1,279	1,263	18,16	17,51
0...30	35,71	37,85	2,19	1,92	1,156	1,157	81,45	67,05

Окончание табл. 1

Глубина, см	Содержание физической глины, %		Гумус, %		Объемный вес, г/см <sup>3</sup>		Влажность, мм	
	Первый участок	Второй участок	Первый участок	Второй участок	Первый участок	Второй участок	Первый участок	Второй участок
0...100	39,45	40,57	1,73	1,71	1,216	1,218	203,5	181,03
Светлый								
0...5	53,06	45,55	3,63	2,08	1,093	1,091	8,0	6,06
5...10	-	-	-	-	1,135	1,125	9,83	8,95
10...15	53,06	-	3,63	-	1,237	1,145	13,64	11,36
15...20	-	45,55	-	2,08	1,292	1,24	14,48	11,87
20...25	-	-	-	-	1,329	1,271	16,36	16,23
25...30	-	-	-	-	1,371	1,408	16,17	19,4
30...35	-	-	-	-	1,394	1,396	17,34	20,12
35...40	-	-	-	-	1,342	1,357	16,56	17,18
40...50	53,19	-	2,05	1,51	1,321	1,35	17,47	18,14
50...60	-	-	-	-	1,297	1,338	17,79	17,72
60...70	-	45,31	1,72	0,79	1,234	1,345	16,65	17,59
70...80	-	-	-	-	1,35	1,329	18,01	19,66
90...100	50,42	45,59	0,97	0,47	1,358	1,415	18,77	21,34
0...30	53,06	45,55	3,63	2,08	1,243	1,213	78,49	73,87
0...100	52,43	45,5	2,06	1,37	1,289	1,295	201,1	205,63
Вулканешты								
0...5	-	45,59	2,97	-	1,018	1,02	6,91	6,01
5...10	45,92	-	-	2,84	1,116	1,112	7,2	7,12
10...15	-	-	-	-	1,147	1,194	10,89	9,03
15...20	-	-	-	-	1,216	1,228	12,12	10,83
20...25	-	-	-	-	1,29	1,295	16,1	16,48
25...30	-	-	-	-	1,358	1,361	19,86	17,28
30...35	-	-	-	2,84	1,326	1,46	19,99	18,19
35...40	-	-	3,30	-	1,279	1,321	18,13	18,53
40...50	-	-	-	-	1,247	1,27	18,66	17,89
50...60	47,25	49,81	2,14	1,55	1,243	1,306	17,89	17,92
60...70	-	-	-	-	1,254	1,297	18,25	18,892
70...80	-	-	1,98	1,48	1,247	1,311	19,18	19,59
90...100	48,85	-	-	1,15	1,286	1,414	20,07	19,34
0...30	45,92	45,59	2,97	2,84	1,191	1,212	73,08	66,77
0-100	47,34	47,7	2,59	1,97	1,233	1,276	205,24	196,11

## Урожайность озимой пшеницы в 2000 году

Сорт	Урожайность, кг/га		Качество пшеницы					
			клейковина		стекловид- ность		группа	
	Первый участок	Второй участок	Первый участок	Второй участок	Первый участок	Второй участок	Первый участок	Второй участок
<b>Дезгинжа</b>								
Струмок	2610	894	15,5		41,5		П	
Одесская-117				11		41,5		П
<b>Светлый</b>								
Струмок	4060		16,38		41,8		П	
Одесская-132		2600		13,2		41,4		П
<b>Вулканешты</b>								
Одесская-265	4290		16,14		41,7		П	
Одесская-162		2700		12,86		41,1		П

Анализ табл. 2 показывает, что наибольшие различия по урожайности в пределах одного населенного пункта получены по Вулканештам – 4290 кг/га на первом участке против 2700 кг/га на втором участках. Минимальный показатель урожайности по участкам наблюдается в Дезгинже (на первом участке - 2610 кг/га, на втором участке - 894 кг/га). Там же самые низкие показатели по содержанию клейковины в зерне (на первом – 15,5 %, на втором – 11 %). Максимальные показатели по содержанию клейковины на опытных участках соответствовал низкому уровню (Светлый: 1 категория - 16,38 %, Вулканешты : 1 категория - 16,14 %), что свидетельствует о низком качестве урожая зерна озимой пшеницы в 2000 году.

Корреляционный анализ зависимости величины урожая от почвенно-климатических условий выявил тесную связь между ними:

урожайность и влажность почвы (Дезгинжа –  $r = 0,94 \pm 0,18$ , Светлый –  $r = 0,59 \pm 0,15$ , Вулканешты –  $r = 0,71 \pm 0,17$ );

общая корреляционная зависимость между урожайностью и суммой осадков по данным всех опытных участков  $r = 0,72 \pm 0,11$ .

#### Выводы

В засушливых условиях 2000 года на исследованных черноземах Южной Молдавской степи на участках с более высоким плодородием получена урожайность 2610...4290 кг/га, в то время как на участках с наибо-

лее низкими показателями плодородия урожайность составила только 894...2700 кг/га. Наиболее высокая урожайность установлена в хозяйстве Вулканешты, а наиболее низкая в хозяйстве Дезгинжа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальная стратегия устойчивого развития "Молдова 21", Кишинев, 2000, 127 с.
2. Софрони В.Е., Молдован А.И., Стоев В.Г. Агроэкологические аспекты склонового земледелия в Молдавии. - Кишинев, «Штиинца», 1990. - 194 с.

Государственная служба «Хидрометео» Республика Молдова

### **ОҢТҮСТІК МОЛДАВИЯНЫҢ ҚҰРҒАҚ ДАЛАСЫ ЖАҒДАЙЫНДА ЕҢ МОЛ АСТЫҚ АЛУ МҮМКІНДІГІ**

Ауыл-шаруашылық ғылымд. канд.	Л.В. Федотова
Геогр. ғылымд. канд.	И.Д. Мангул
	Н.Н. Қазмалы

*Бұл мақалада құрғақшылық болған 2000 жылғы күздік бидайдың жердің орналасуына қарай өнімділігі қарастырылған.*

УДК 631.459:61:631.95-581.5

**ЭРОЗИЯ ПОЧВ И БОРЬБА С НЕЙ НА ЮГЕ РЕСПУБЛИКИ  
МОЛДОВА**

Канд. с. - хоз. наук Л.В. Федотова

*Исследовано влияние эрозии на качество чернозема карбонатного, его урожайность и смыв в зависимости от различных агротехнических приемов обработки.*

В результате эрозионных процессов происходит деградация почвы, сокращаются площади сельскохозяйственных земель, снижается их плодородие, затрудняется проведение полевых работ, поэтому без активной защиты земель от водной и ветровой эрозии, немыслимо их эффективное использование для производства сельскохозяйственной продукции. Эрозия – процесс бесплощадный. Интенсивность летних ливневых дождей достигает 8...10 мм/мин, что составляет 80...100 м<sup>3</sup> воды на гектар [1]. Опасность развития эрозионных процессов усиливается тем, что более 80% сельскохозяйственных земель находится на склонах, из которых 20% имеют уклон более 5% [4]. Из общего количества сельскохозяйственных земель 87% находится в постоянной обработке, а в структуре посевных площадей этих земель, около 60% занимают пропашные культуры. Многолетние проявления эрозионных процессов привели к тому, что значительная часть пахотных земель эродирована. Мероприятия по борьбе с эрозией почв имеют особо значение для Буджакской степи Молдовы, где природные условия способствуют усиленному развитию эрозионных процессов почвы.

Мною были выполнены исследования влияния процессов эрозии на качество почв, их урожайность и смыв в зависимости от различных противозерозивных агротехнических мероприятий.

Объектом исследования явился чернозем карбонатный различной степени эродированности в районе села Дезгинджа. Определялись физико-химические свойства почвы. Проводились следующие анализы: гитровлага; определение общего гумуса по Тюрнуну И.В.; механический состав пипеточным методом; определение рН водной вытяжки; карбонаты.

По геоморфологическому районированию Молдовы территория землепользования села Дезгинджа находится в пределах Южно-Молдавской

холмисто-увалистой равнины. Рельеф территории хозяйства довольно сложный и весьма неоднородный. Сильная расчлененность территории способствовала образованию разветвленной овражно-балочной системы. Прилегающие к водоразделам склоны имеют небольшую протяженность и значительную крутизну, порой выпуклой формы. На этих склонах располагаются почвы различной степени смытости.

В зависимости от степени выраженности эрозионных процессов почвы склонов делятся на слабо, средне и сильносмытые, отличаются от полно профильных по мощности гумусового горизонта, физическим, физико-химическим свойствам, химическому составу, биогенности, а, следовательно, и по плодородию.

Таблица I

Данные физико-химических анализов чернозема карбонатного различной степени эродированности

Почва различной степени эродированности	Глубина взятия образца, см	Гигроскопическая влага, %	Гумус, %	Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г	Общие карбонаты	pH водной
Чернозем карбонатный	0-20	5,93	3,31	37,1	2,6	8,08
мощный	30-40	5,37	2,91	38,1	2,8	,18,
легкоглинистый	50-60	5,37	2,18	36,2	6,2	0
Чернозем карбонатный	0-20	5,93	2,84	36,1	3,0	8,1
слабосмытый	30-40	6,04	2,77	35,2	3,4	8,3
легкоглинистый	50-60	6,27	1,57	33,7	6,2	8,9

Слабосмытые карбонатные черноземы отличаются от полнопрофильных более укороченным смытым в результате эрозии гумусовым профилем [3]. Реакция почвенного раствора щелочная.

Как видно из приведенных данных на почвах, подверженных эрозии содержание гумуса резко варьирует (рис.).

Степень эродированности почв создает в каждом конкретном случае определенные экологические условия для роста, развития и продуктивности почвенного покрова, главным показателем которого является величина урожая. На почвах подверженных эрозии урожай зерна основных полевых культур снижается. Различные агротехнические мероприятия



оказывают существенное влияние на урожайность и смыв почвы [2]. (Табл. 2).

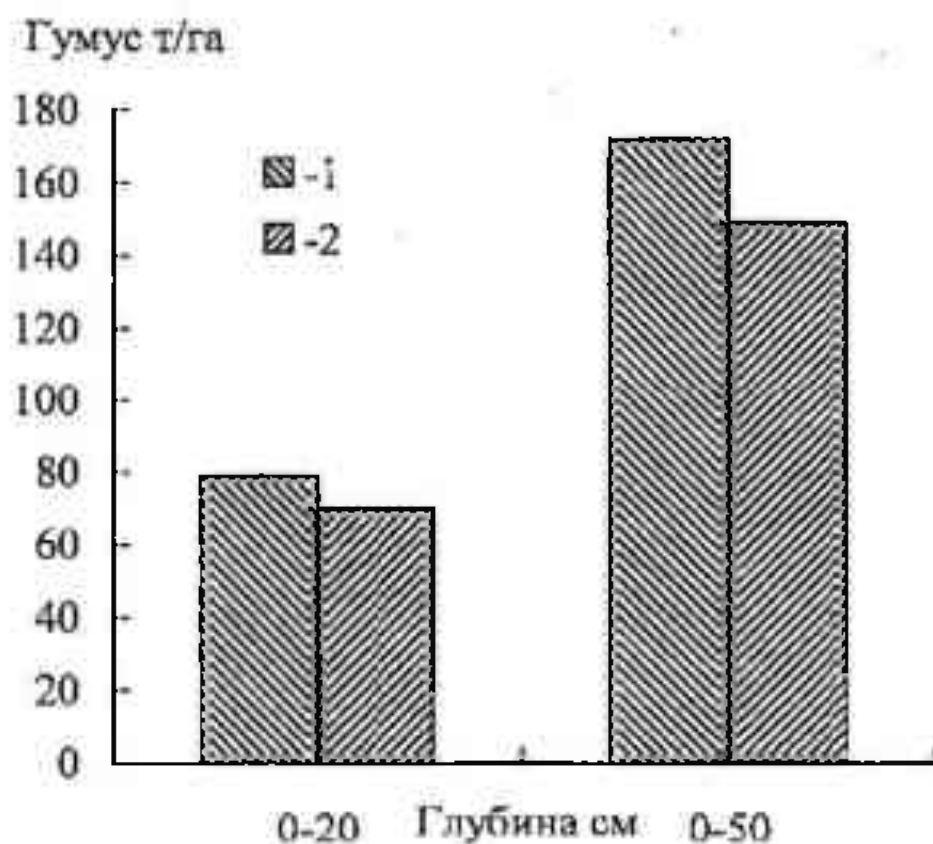


Рис. Запасы гумуса. 1 – чернозем полнопрофильный; 2 – чернозем слабосмытый.

#### Выводы

По полученным данным, в ходе исследований чернозема карбонатного, подверженного эрозии, можно сказать, что формирование отдельно обрабатываемых контурных участков необходимо проводить в зависимости от характера рельефа, на основании данных об эрозии почвы и внедрения комплекса противоэрозионных агротехнических приемов. У эродированных почв ухудшаются все показатели: агрохимические, агрофизические, биологические. Происходит явная деградация почв, что сказывается на урожайности основных полевых культур.

В условиях сегодняшнего организационно-хозяйственного устройства – на базе частной собственности на землю, сельскохозяйственные предприятия организованные из крестьянских хозяйств обязаны применять различные агротехнические противоэрозионные мероприятия, которые обеспечат защиту земельных ресурсов от эрозионных процессов при интенсивном использовании земель в сельскохозяйственном производстве.

Влияние агротехнических противоэрозионных мероприятий на  
урожайность и смыв почвы

Мероприятия	Культура	Средняя прибавка урожайности, ц/га	Смыв почвы, т/га
Лункование зяби	зерновые (яровые колосовые, вико-овес, горох)	+1,1	1,8
	пропашные (кукуруза)	+22,2	-
Прерывистое бороzdование	зерновые (пшеница)	+1,2	4,9
	пропашные (подсолнечник)	+1,8	-
Комбинированная вспашка	зерновые (пшеница)	0	26,4
Безотвальная обработка	зерновые (пшеница)	+1,0	9,0
Плоскорезная обработка	зерновые (пшеница, яровые колосовые, вико-овес)	+1,3	1,4
Щелевание	озимые	+1,6	12,6

*Примечание:* Эффективность противоэрозионных мероприятий определена по сравнению со вспашкой поперек склона.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заславский М.Н. Агротехнические мероприятия по борьбе с эрозией почв. Кишинев, «Штиинца», 1974.
2. Ковтун А.А. О противоэрозионной устойчивости почв. «Почвоведение» № 7, М., 1985.
3. Унгурян В.Г. Деградация почв и опустынивание. Кишинев, 2000.
4. Федотов В.С. Руководство по борьбе с эрозией почв. Кишинев, «Карта Молдовеняске», 1974.

Государственная служба «Гидрометеo» Республика Молдова

**МОЛДОВА РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ОҢТҮСТІГІНДЕГІ  
ТОПЫРАҚ ЭРОЗИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫМЕН КҮРЕСУ  
ЖОЛДАРЫ**

Ауыл-шаруашылық ғылымд. канд.

Л.В. Федотова

УДК 551.506.2:551.506.51(574)

**ОСОБЕННОСТИ ВЕТРОВЫХ СГОНОВ МОРСКОЙ ВОДЫ НА  
КАЗАХСТАНСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

Канд. техн. наук С.П. Шиварёва

Л.М. Соколова

*Рассмотрены основные режимные характеристики ветровых сгонов морской воды и гидрометеорологические условия их развития на казахстанском побережье Каспийского моря. Приводится статистический анализ сгонных ситуаций, имевших место в данном районе. В соответствии с величиной спада уровня моря различной обеспеченности определены критерии опасности сгонных явлений для района казахстанского побережья Северного Каспия.*

На территории Казахстана побережье Каспийского моря и прилегающая к нему морская акватория четко подразделяется по гидрометеорологическим условиям на два района, это восточные части Северного Каспия и Среднего Каспия. Восточная часть Северного Каспия является полузамкнутым, почти изолированным водоемом, гидрологический режим которого зависит от колебаний фонового уровня и стока рек Урала и Волги. Из-за крайне малых уклонов дна прибрежной зоны моря и прилегающей к ней суши, происходит постоянная миграция береговой черты до 15 км при изменениях фонового уровня моря на один метр и до 20...30 км при сгонно-нагонных колебаниях уровня [6]. Обширные мелководья, малые уклоны дна и суши, конфигурация береговой черты, активная деятельность ветра создают благоприятные условия для развития в Северном Каспии значительных сгонно-нагонных колебаний уровня воды.

Сгонно-нагонные колебания уровня моря представляют собой кратковременные неперiodические изменения морского уровня под воздействием ветра и атмосферного давления. В результате этого воздействия в поверхностном слое моря возникает поступательное движение воды, вызывающее перемещение водных масс, что приводит к кратковременным колебаниям уровня моря у берега. В прибрежной зоне Прикаспийской низменности из-за сгонно-нагонных колебаний уровня моря происходят существенные изменения гидролого-морфологических, гидрохимических

и экологических процессов. Здесь, вследствие сгонно-нагонных явлений, 80...85 % времени в безледный период береговая черта у восточного побережья северной части Каспия неустойчива и постоянно мигрирует. При средних ветровых условиях размах этой миграции составляет 3...5 км, в экстремальных (при сгоне) – величина осушки достигает 8...12 км [2].

В мелководных районах Северного Каспия направление движения водных масс практически совпадает с направлением ветра, что обуславливает значительные по величине кратковременные подъёмы и спады уровня моря. Непериодические понижения морского уровня в результате воздействия ветра представляют собой сгонные ситуации. В северной части Каспийского моря наблюдаются наибольшие по величине сгоны, вызванные ветрами северных и восточных румбов, дующими с берега в сторону моря, однако они изучены слабо. Основная причина - чрезвычайная отмелость берегов в этом районе: при сгонах образуется осушка, вода может уходить от водомерного поста на несколько километров в сторону моря и при сильных сгонах взятъ отсчёт по рейке невозможно.

Определённое влияние на режимные характеристики сгонных колебаний уровня моря оказывают глубина моря, морфометрические характеристики дна и берега, наличие растительности и ледового покрова. Глубина моря у побережья ограничивает величину сгона воды. Уменьшение глубин и увеличение площадей мелководья приводит к увеличению сопротивления дна, поэтому уменьшаются величины сгонов. Зона максимальных сгонов располагается на большом удалении от береговой черты. Высота падения уровня воды при сгоне сначала увеличивается от берега в сторону моря, достигает максимума на некотором удалении от него и затем снова уменьшается по мере увеличения глубины. Наибольшие сгоны происходят на свалах глубин (изобаты 2-3 м) [2]. При понижении среднего уровня моря, зоны максимальных значений сгонов смещаются в сторону моря, а при подъёме – в сторону суши.

Под действием ветрового (дрейфового) течения и волнения грунта, слагающие мелководное взморье, легко перемещаются и образуются такие формы рельефа, как морские осередки, острова (шалыги), подводные косы и т.д. Положительные формы рельефа побережья оказывают экранирующее влияние, которое препятствует оттоку морских вод во время сгона. Оттоку вод с мелководной части побережья препятствует также растительность. Растительность, особенно подводная, задерживает наносы и способствует горизонтальному и вертикальному росту осередков, остро-

вов. Барьер подводной растительности, расположенной почти повсеместно вдоль побережья Северного Каспия на глубинах 0,4...0,9 м, уменьшает ширину осушки при сгонах [5]. Максимального развития этот барьер достигает в июле-августе. В это время зона осушек бывает значительно меньше, чем ранней весной при одинаковых ветровых условиях.

Ледяной покров, создавая дополнительное трение, существенным образом препятствуют развитию сгонов, поэтому при наличии льда (особенно неподвижного), величина сгонов значительно уменьшается. Влияние ледяного покрова особенно сказывается в восточной части Северного Каспия. Ежегодно большая часть Северного Каспия покрывается льдом. В умеренные зимы первое появление льда отмечается на взморье р. Урал в середине ноября, затем лед появляется в северных и восточных прибрежных мелководьях, ограниченных трехметровой изобатой, а также в районе архипелага Тюленьих островов. В декабре лед появляется в северной части Уральской бороздины и у полуострова Тюб-Каган. В теплые зимы припай располагается вдоль северного и восточного побережья полосой до 30...50 км, а в суровые зимы почти вся акватория Северного Каспия покрывается припаем. Наибольшей толщины до 1 м ровный припай достигает в суровые зимы. Разрушение припая начинается в среднем в конце февраля – начале марта, припай превращается в плавучий лед. Окончательное очищение ото льда происходит в конце марта – начале апреля.

Величина спада уровня воды при сгоне, в условиях полного замерзания данного района, уменьшается более чем в 2 раза. Такое значительное затухание сгонов вызывается большим (более 200 км) удалением кромки льда от района наблюдений [2].

Основным фактором, определяющим динамику сгонно-нагонных колебаний уровня, является ветер. Циркуляция воздуха над Северным Каспием происходит главным образом под действием континентальных барических образований таких, как сибирский зимний максимум и ирано-афганский летний минимум. Над акваторией Северного Каспия прослеживаются сезонные изменения в распределении атмосферного давления, связанные с образованием и распространением западных отрогов этих барических центров. Наряду с этим происходит местное термодинамическое воздействие самого моря на барическое поле. Над акваторией восточной части Северного Каспия по режиму ветра выделяют северо-восточный и юго-западный районы. В северо-восточном районе преобладают восточные (18,3 %) и юго-восточные (18,6 %), а также юго-западные (14,0 %) и

западные (13,2%) направления ветра. Наименьшую повторяемость имеют южные ветры (5,5%). Повторяемость скоростей ветра в году в этих районах примерно одинаковая: штили – 7,1 %, 1-5 м/с – 43,7 %, 6-10 м/с – 40 %, 11-15 м/с – 7,0 %, более 15 м/с – 2,2 %. В холодный период года преобладают восточные и юго-восточные ветры, летом увеличивается повторяемость западных ветров. Скорость ветра от весны к лету уменьшается, а к осени и зиме вновь увеличивается. Максимум штормов отмечается в ноябре, а также в марте – апреле, а минимум – летом. Наибольшее число штормов отмечается при ветрах восточных, юго-восточных румбов и противоположных им – северо-западных и западных. При южных и юго-западных ветрах штормов почти не бывает. Наибольшую среднюю скорость (6...8 м/с) имеют ветры восточных румбов, а также западного и северо-западного направлений, а наименьшую – южные и юго-западные ветры. Наиболее продолжительны сильные ветры восточных румбов в холодный период года (до 6 суток), наименее продолжительны ветры с юга и юго-запада. В летний период продолжительность действия ветра мала.

Для северо-восточного района Северного Каспия сгонными ветрами являются ветры северо-восточного и восточного направлений, имеющие четко выраженный сезонный ход [1,5], который обуславливает особенности внутригодового распределения сгонов воды в данном районе. Максимальная повторяемость сгонных ветров отмечается в октябре - ноябре. Статистический анализ колебаний уровня моря показывает, что сильные сгоны у северо-восточного побережья Северного Каспия отмечаются чаще всего в марте и ноябре (рис.).

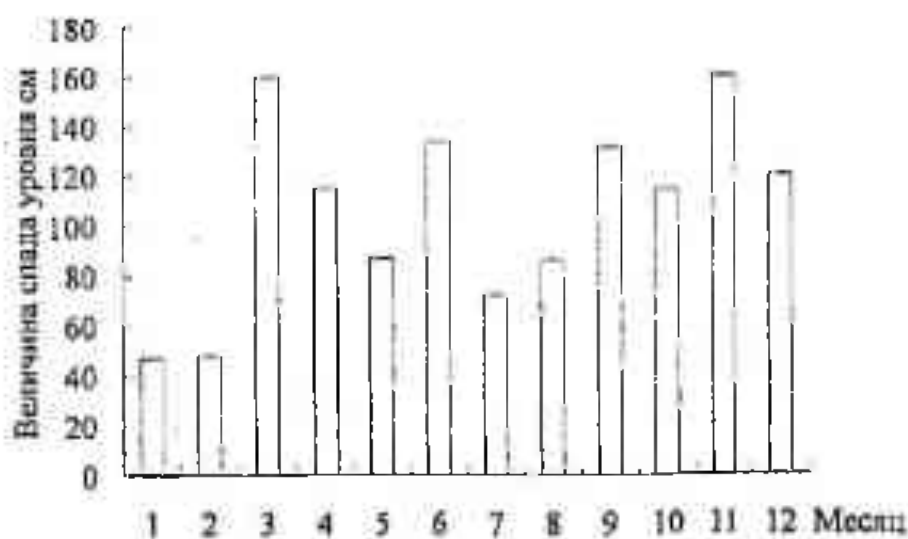


Рис. Сгоны уровня воды на северо-восточном побережье Северного Каспия (1950...2001 гг.)

При сильных северо-восточных и восточных ветрах сгоны в данном районе достигают максимального развития. Уровень моря понижается резко и менее чем за три часа может достигнуть своего минимального положения. Анализ графиков хода уровня моря и ветра показал, что высота сгона будет иметь большую величину, если усиление ветра идёт очень быстро и меньшую, если его скорость возрастает медленно [4]. При шквалистых ветрах во время прохождения холодных фронтов отмечается наибольшая скорость спада уровня воды - 30 см/ч. Продолжительность отдельных сгонов уровня в среднем составляет 2...3 суток, а наибольшая - 8...10 суток.

Повторяемость сгонных явлений зависит от направления ветра, а величина падения уровня воды при сгоне - от скорости и продолжительности действия ветра. Значительные сгоны вызываются сильными и продолжительными ветрами. Кроме общих закономерностей сезонных изменений направления ветра, характерных для всего Северного Каспия, каждый район моря имеет свои специфические особенности. Так, у острова Эюйдвостовая Шалыга во все сезоны повторяемость ветров восточных румбов меньше, чем в других районах, однако они остаются преобладающими для данного района.

Изменчивость ветра, как основного фактора, влияющего на величину и характер сгонно-нагонных колебаний уровня, определяет разнообразие характеристик колебаний уровня в различных районах Северного Каспия. Колебания уровня Северного Каспия при сгонах отличаются друг от друга величиной спада уровня, временем и интенсивностью изменения уровня при спаде, наличием или отсутствием вторичных минимумов при падении уровня, характером изменений в ложбине. Согласно Герштанскому Н.Д. [1], наиболее типичная форма гидрографа уровня воды при сгонах имеет следующий вид:

1. Продолжительное падение уровня. Сгон развивается и затухает в течение нескольких суток. Интенсивность изменения уровня на спаде примерно в два раза больше, чем на подъёме. Такой сгон вызывается продолжительными сгонными ветрами.
2. Резкий спад и пологий подъём уровня. Такие сгоны вызываются шквалистыми ветрами, возникающими, как правило, при прохождении атмосферных фронтов. Падение уровня происходит в течение нескольких часов, подъём - до нескольких суток.

Восточное побережье Северного Каспия освещено только данными гидрометеорологических наблюдений, выполняемых на станциях МГ

Зюйдвестовая Шалыга и М Пешной. Репрезентативной гидрометеорологической станцией для данного района является МГ Зюйдвестовая Шалыга. Статистика наблюдений за ветром и уровнем за безледный период по водпосту Зюйдвсстовая Шалыга показывает, что здесь отмечается 52% сгонного ветра. Однако, из-за кратковременности периода работы станции, для наиболее полного анализа сгонных ситуаций, дополнительно были привлечены материалы гидрометеорологических наблюдений, проводимых на М Пешной. Для участка берега в районе островов Зюйдвестовая Шалыга и Большой Пешной наиболее эффективными сгонными ветрами являются ветра северных и северо-восточных румбов. Здесь во все сезоны ветра восточных румбов являются преобладающими.

По результатам выборки и анализа гидрометеорологических данных станций МГ Зюйдвестовая Шалыга и М Пешной за период с 1950 по 2001 годы был подготовлен каталог сгонных ситуаций для района северо-восточного побережья Северного Каспия и проведён анализ выбранных случаев. По данным срочных наблюдений за уровнем моря и ветром на М Пешной за периоды 1950-1953 гг. и 1964-2001 гг., а на МГ Зюйдвестовая Шалыга с 1956 по 1963 гг. включительно были выбраны 216 случаев со сгонными ситуациями. Для выявления случаев сгонов и их последующего анализа использовались совмещенные графики хода уровня моря и ветровых характеристик (направление и скорость). Выявленные спады водного уровня анализировались в соответствии со следующими критериями:

- ввиду того, что практический интерес представляют значительные изменения уровня моря, рассматривались лишь сгонные ситуации с величиной падения уровня, равной или более 40 см;
- эффективное сгонное направление ветра, т.е. направление ветра, при котором происходит спад уровня водной поверхности в данном районе, соответствует северным и восточным румбам и ветер дует от берега в сторону моря со скоростью более 5 м/с.

Каталог ветровых сгонов уровня воды в северо-восточной части Каспийского моря содержит следующие сведения о сгонных ситуациях: дату начала сгона и дату пика сгона, продолжительность периода спада уровня воды при сгоне от начала сгонного периода до времени наступления минимального значения уровня, величину спада водного уровня, интенсивность падения уровня воды.

За начало отсчета (начальный уровень) при оценке значений падения уровня при сгонах принимался фоновый уровень моря, величина ко-



торого равна среднеарифметическому из величин измеренных уровней, предшествующих началу спада воды в течение 10 дней. За пик сгона принималась минимальная отметка уровня воды в период спада уровня. За время начала сгонной ситуации, и время наступления минимального значения уровня воды принимался ближайший срок наблюдений за уровнем моря на данной станции. Продолжительность сгона в каталоге представлена периодом времени в часах от начала постоянного спада до момента установления минимального уровня воды (пика сгона), после которого начинается возвращение уровня до первоначального состояния. Величина спада уровня рассчитывалась как разница между значениями начального (фонового) уровня моря перед спадом уровня воды и его минимальной отметкой. В каталог включена также такая характеристика сгона, как интенсивность спада уровня, т.е. скорость понижения уровня моря в период сгона в см /час. Эта величина получена от деления величины спада уровня при сгоне на продолжительность его падения до минимальной отметки.

Статистический анализ выбранных сгонных ситуаций показал, что в районе острова Б. Пешной за анализируемый период на осень приходится наибольшее число случаев (97) со сгонами, вызывающими спад уровня в 40 см и более. Чаще всего сгоны наблюдаются в поябре месяце с повторяемостью 18% (табл. 1). Из этого количества высоту 100 см и более имели 10 сгонов, из которых по два случая наблюдались в апреле, сентябре, октябре, ноябре и по одному в марте и июле.

За период с 1950 г по 2001 г, в северо-восточной части Каспийского моря имело место десять наиболее сильных (более 1м) сгонов (табл. 2). Как видно в табл. 2, максимальный за анализируемый период сгон в 160 см наблюдался дважды - 19.03...24.03.58, при восточном ветре до 20 м/с и 17.11...19.11.60 г., при восточном ветре до 24 м/с.

Наибольшее количество случаев со сгонами приходится на интервал 40...59 см - 54% (табл. 3), сгоны с величиной спада уровня, равной 80 см и более за период наблюдений составили 15%.

Как показывает анализ сгонных ситуаций, продолжительность сгонов воды изменяется в широких пределах - от нескольких часов до нескольких суток. Наибольший период спада уровня составляет 10 суток, минимальный период спада уровня моря - 6 часов. Наиболее часто падение уровня происходит в течение 1...2 суток.

Таблица 1

Распределение сгонных ситуаций по месяцам и их характеристики по данным МГ Зюйдвестовая Шалыга и М Пешной

Месяц	Характеристика		
	повторяемость сгонов, %	количество сгонов с величиной спада уровня более 100 см	наибольший спад уровня при сгоне, см
1	1	-	47
2	1	"	48
3	5	1	160
4	10	2	115
5	5	-	87
6	6	1	134
7	8	-	72
8	11	-	86
9	12	2	131
10	15	2	114
11	18	2	160
12	8	1	120
За год	100	11	160

Таблица 2

Даты наибольших сгонов, наблюдавшихся на МГ Зюйдвестовая Шалыга и М Пешной за 1950...2001 гг.

Дата сгона	Величина спада уровня, см	Характеристика эффективного ветра	
		направление, румб	скорость, м/с
02.09...03.09.56	107	ССВ, С	14
19.03...24.03.58	160	В	20
02.06...05.06.58	134	СВ	16
17.11...19.11.60	160	В	24
12.04...13.04.61	100	ВСВ	17
22.06...28.06.61	120	С; СВ	10; 9
03.09...07.09.67	131	СВ; ССВ	17
13.10...19.10.76	114	СВ	10
08.10-10.10.85	104	ССВ	12
15.04-21.04.99	115	СВ	12

Таблица 3

Распределение сгонных ситуаций по интервалам величин спада уровня воды

Интервал, см	Количество случаев	%
40...59	117	54
60...79	67	31
>80	32	15

Средняя скорость падения уровня при сгоне в районе М Пешной и МГ Эюйдвестовая Шальга равна 4 см/час. Наибольшая скорость падения уровня – 9 см/час наблюдалась 19.08.61, когда уровень моря за 6 часов упал на 54 см.

Величина падения уровня при сгоне в анализируемом районе колебалась от 40 до 160 см (табл. 4), а в многолетнем разрезе, в среднем, изменяется от 42...48 см (январь – февраль) и до 59...73 см (в остальные месяцы). За весь период наблюдений средняя величина падения уровня составила 60 см.

Таблица 4

Сезонные характеристики сгонных ситуаций, наблюдавшихся на северо-восточном побережье Северного Каспия

Сезон	Количество случаев	Дата начала сгона			Величина спада уровня воды при сгоне, см		
		ранняя	поздняя	сред.	наиб.	наим.	сред.
Весна	44	9.03	29.05	15.04	160	40	68
Лето	52	2.06	31.08	24.07	134	40	65
Осень	97	2.09	28.11	20.10	160	40	63
Зима	23	11.12	21.02	24.12	120	40	50

При анализе выбранных сгонных ситуаций сделана выборка дат наиболее частого возникновения сгонов. Оказалось, что весной наиболее распространенная дата начала сгона – 15.04, летом – 24.07, осенью – 20.10, зимой – 24.12 (см табл. 4).

В связи с тем, что сгонные ситуации являются потенциально опасными понижениями уровня моря, вызванными воздействием ветра, были определены характеристики критического падения уровня моря, которые могли бы служить критериями опасности явления. Величина спада уровня моря во время сгона зависит, в основном, от продолжительности, скорости и направления ветрового воздействия. Влияние фонового уровня сказывается только при наложении на штормовые колебания уровня воды, поэтому с эмпирической кривой обеспеченности спадов уровня воды были сняты значения вели-

чины спада уровня обеспеченностью 0,1%, 1%, 50%, принятые затем в качестве характеристик опасности сгонных явлений (табл. 5).

Таблица 5

Критерии опасности сгонных явлений, полученные по данным М Пешной, фоновый уровень моря минус 27 м

Величина спада уровня, см	Уровень моря, м	Характеристика	Последствия
60	- 27,60	Критический	Ухудшение условий плавания малых судов
130	- 28,30	Опасный	Ухудшение условий плавания малых и средних судов
180	- 28,80	Особо опасный	Суда могут оказаться на мели

Критический уровень моря, приведённый в таблице, соответствует величине спада уровня воды 50% обеспеченности, опасный – величина спада уровня 1% обеспеченности, особо опасный – 0,1% обеспеченности. Анализ имеющихся данных показал, что за последние десятилетие (1991...2001 гг.) уровень моря в данном районе превышал отметку “критический” в 29 случаях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герштанский Н.Д. Некоторые особенности рельефа водной поверхности при нагонах и сгонах в отмелых районах моря (на примере Северного Каспия) // Тр. ГОИИ. – 1971. – Вып. 104. С. 82-95.
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей, том IV. Каспийское море, вып.1. Гидрометеорологические условия. - Санкт-Петербург: Гидрометеоздат. – 1992.- 359 с.
3. Казанский М.М., Шульман А.Р. К вопросу о колебаниях уровня водоема, покрытого льдом под влиянием гидрометеорологических факторов// Метеорология и гидрология. – 1946 - № 6.
4. Мурадов М.А. Условия возникновения сильных ветров на Северном Каспии// Гидрометеорология и экология. – 1997. – № 2 - С. 15 - 22.
5. Скриптунов Н.А., Герштанский Н.Д. Некоторые черты современной прибрежной зоны восточной части Северного Каспия // Сб. работ Астраханской ГМО. – 1970 – Вып.1.

6. Техничко-экономический доклад по проблемам Каспийского моря в пределах Республики Казахстан, том I. Гидрометеорологическая характеристика прибрежной зоны и акватории Каспийского моря в пределах Республики Казахстан. - Алматы. - 1993 - 312 с.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП "Казгидромет"

## **КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ ЖАҒАЛАУЫНДАҒЫ ТЕҢІЗ СУЫНЫҢ ЖЕЛМЕН ҚУҒЫНДАЛУЫ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

Техн.ғылымд. канд. С.П. Шиварева  
Л.М. Соколова

*Мақалада Каспий теңізінің қазақстандық жағалауындағы теңіз суының желмен қуғындалуының негізгі режимдік сипаттамалары және олардың дамуының гидрометеорологиялық жағдайлары қарастырылған. Осы аймақта болған қуғындалу-шоғырлану жағдайларының статистикалық талдауы келтірілген. Әр себепті теңіз деңгейінің төмендеуіне сәйкес Солтүстік Каспийдің қазақстандық жағалауы аймағы үшін желмен қуғындалу құбылыстарының қауіптілігі өлшемдері айқындалған.*

УДК 631.4

**СУММАРНОЕ ИСПАРЕНИЕ С РЕЧНОГО БАССЕЙНА И АДАПТИВНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ В ВОДОДЕФИЦИТНЫХ РАЙОНАХ**

Канд. техн. наук

М.Г. Баженов

Канд. техн. наук

М.Х. Сарсенбаев

*Предложена формула для вычисления эвапотранспирации естественной и культурной растительности в зависимости от атмосферных осадков и орошения. Изложена концепция адаптивных мелиораций, которые могут быть актуальными для Казахстана.*

Количественная характеристика испарения с различной подстилающей поверхности была и остается предметом исследования ряда наук: гидрологии, земледелия, гидромелиорации, почвоведения и др. В каждой из них достигнуты существенные результаты, применительно к своим задачам, но проблема в целом остается недостаточно исследованной.

Для физической географии и гидрологии суши представляет интерес методика расчета средней многолетней величины (нормы) испарения с разных ландшафтов, как естественных, так и культурных, и с речных водосборов в целом. Известно, что в конкретных климатических условиях появляются и устойчиво существуют именно те растительные сообщества, которые адаптированы к местным параметрам теплового и водного режима. Они допускают определенные вариации величины температуры и влажности почвы, откликаясь на них некоторыми колебаниями биологической продуктивности.

Тип растительности, характерный для данного климата, предопределяет соответствующий ему микробиологический и животный мир, а также почвообразовательный процесс. В конечном итоге, формируется географическая среда, присущая данному речному бассейну. Для количественного описания этого сложного явления необходимо знать соотношения элементов водного и теплового баланса, и, прежде всего процесса эвапотранспирации.

В гидрологии широко известна формула Э.М. Ольдекопа, полученная им в начале 20 столетия для расчета годовых сумм испарения с речных бассейнов:

$$E = Z_{max} \cdot th \left( \frac{X}{Z_{max}} \right), \quad (1)$$

где  $E$  – норма испарения с водосбора;  $X$  – норма осадков;  $Z_{max}$  – максимальное возможное испарение в данных климатических условиях при постоянном избытке влаги в почве.

Он дал и теоретическое обоснование граничных условий этой зависимости: при  $X \rightarrow 0 E \rightarrow X$ , а при  $X \rightarrow \infty E \rightarrow Z_{max}$ . Однако, трудности, связанные с неопределенностью  $Z_{max}$  для широкого круга условий, сдерживали использование формулы при решении практических задач.

Попытку решить эту проблему предпринял М.И. Будыко [6], исходя из концепции, что отношение средних величин испарения и осадков является функцией соотношения тепла и влаги. Он выполнил анализ формул Ольдекопа и Шрайбера, приняв под максимально возможным испарением  $Z_{max}$  – величину испаряемости  $E_0$ . Согласно ему  $E_0 = R_0/L$ , где  $R_0$  – радиационный баланс увлажненной поверхности;  $L$  – скрытая теплота испарения. Сравнение расчетных величин с фактическими данными по 7 пунктам, расположенным в различных географических зонах показало удовлетворительную их сходимость (рис. 1).

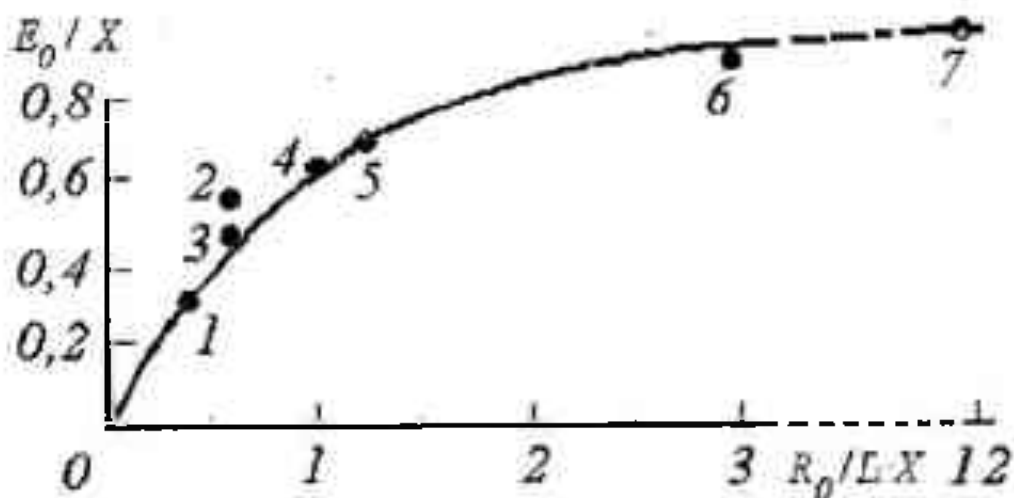


Рис. 1. График зависимости  $R_0/LX$  от  $E_0/X$  для ряда пунктов (по М.И. Будыко) с использованием формулы Ольдекопа. 1 – Лапландия; 2 – Средняя Германия; 3 – Ява; 4 – США, атлантическое побережье; 5 – Иркутск; 6 – Гоби; 7 – Египет.

Структура формул Ольдекопа, Шрайбера и их модификация в виде среднегеометрического соотношения, предложенного М.И. Будыко, включает лишь климатические показатели. Это затрудняет оценку роли расти-

тельности в испарении и, в конечном итоге, условий формирования географической среды исследуемой территории. Между тем, гидрологам было известно, что испарение является не только физическим, но и биологическим процессом. Еще М.А. Великанов [2] подчеркивал, что проблема эвапотранспирации является объектом изучения трех наук: почвенной гидрологии, физиологии растений и метеорологии.

Существенный прогресс в проблеме количественной оценки испарения и транспирации, был достигнут, когда анализу подверглись не только метеорологические элементы, но и водный режим самих растений [5]. Роль растений в процессе эвапотранспирации оценивается разными показателями: величиной «водопродимости» в теории А.И. Будаговского, коэффициентами биологической кривой по А.М. и С.М. Алпатьевым, биологическими коэффициентами в методе Блейни и Криддла и др. Однако лишь немногие методы учитывают в явном виде урожайность растений.

Другим важнейшим фактором испарения является наличие влаги в почве. Широкий диапазон вариаций влажности почвы отражен в формулах А.И. Будаговского, в методике гидролого-климатических расчетов В.С. Мезенцева, в тепловоднобалансовом методе С.И. Харченко и др. Эта группа методов более строга в теоретическом отношении и нашла широкое применение в практике расчетов. Общим их результатом является характерная динамика процесса эвапотранспирации, представленная на рис. 2.

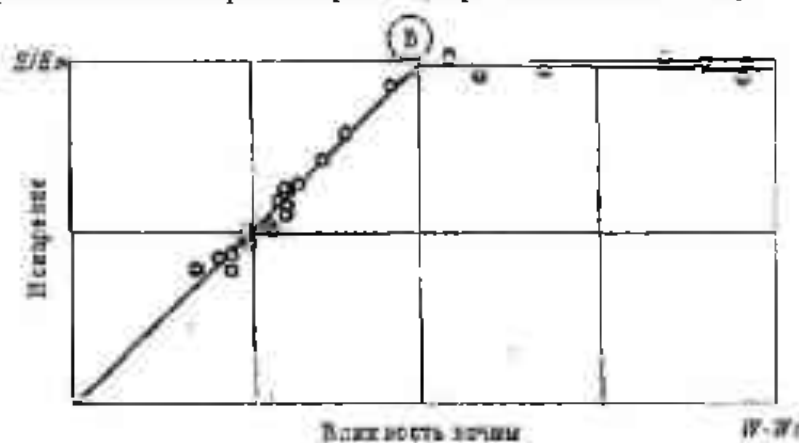


Рис. 2. Зависимость отношения испарения к испаряемости от влажности почвы на посевах пшеницы (М.А. Великанов, 1964 г.). **В** - влажность почвы, соответствующая полной потребности растений. Точками нанесены экспериментальные данные.

Следует отметить, что аналогичная зависимость испарения влаги из почвы была описана П.С. Коссовичем еще в начале 20 века [3], но она



долгое время воспринималась лишь как достижение агрономии. Большинство упомянутых выше методов для расчета испарения относятся к условиям неограниченного притока влаги, при которой скорость процесса определяется только теплоэнергетическими ресурсами. При этом, применительно к орошаемым угодьям вычисляемое суммарное водопотребление растений представляет собой главную расходную статью оросительной нормы. В гидромелиорации выполнено наибольшее количество полевых опытов с различными сельскохозяйственными культурами при полном удовлетворении потребности растений в почвенной влаге. Выбор этих условий обусловлен, кроме обеспечения максимальной продуктивности растений, ещё и необходимостью расчета размеров оросительных каналов и гидротехнических сооружений для лет определенной обеспеченности по атмосферным осадкам.

В гидрологии и физической географии более актуальной является проблема установления зависимости потерь влаги  $P$ , включающих суммарное испарение  $E$  и сток  $У$  от объема увлажнения, изменяющегося в широком диапазоне. Такие условия характерны для речных бассейнов, на которых формируются речные ландшафты, включая антропогенные. Учету подлежат не только атмосферные осадки  $X$ , но и другие элементы водного баланса: оросительная норма  $M$ ; грунтовые воды, усваиваемые растениями  $G$ ; часть атмосферных осадков и поливной воды, теряемые данным ландшафтом на поверхностный и подземный сток  $У$ . В качестве расчетного значения, при исследовании конкретных ландшафтов, принимается среднее многолетнее значение вегетационного периода или календарного года – в случае изучения растительности больших территорий.

Перечисленным требованиям может удовлетворять предлагаемая нами зависимость, являющаяся расширением и развитием теории Э.М. Ольдекоса. В этом случае уравнение водного баланса речного бассейна за многолетний период будет иметь вид:

$$P = Y + K_0 E_0 h \left( \frac{X + M + G}{E_0} \right) \quad (2)$$

Вторые слагаемые правой части уравнения выражают расход влаги на испарение и транспирацию  $E$ , а числитель в скобках характеризует приходные элементы водного баланса конкретного ландшафта, сумма которых равна испарению  $E$ . В свою очередь, отношение  $E$  к испаряемости  $E_0$ , согласно С.И. Харченко [7], представляет собой коэффициент суммарного испарения. Роль растительности в водном балансе характеризуется

общепризнанным параметром – биологическим коэффициентом  $K_b$ . А.М. Алпатьев [1] приводит уточненные значения  $K_b$ : 0,57...0,66 и рекомендует назначать их по биологическим кривым, полученным за многолетний период. При этом он считает возможным распространять биологические кривые изученных растений и на другие их виды, если они по ритму развития и длине вегетационного периода мало отличаются от первых. Это обеспечивает возможность прогнозирования величин  $K_b$  для естественной растительности.

Переход от величин эвапотранспирации  $E$  в данном ландшафте или природной зоне к биологической продуктивности растений можно осуществить, учитывая периодический закон географической зональности, разработанный Н.А. Григорьевым и М.И. Будыко, и связь величин эвапотранспирации растений с ежегодным приростом биологической массы. Если вычислить отношение  $PL$  к радиационному балансу деятельной поверхности  $R$ , т.е. по смыслу обратную величину радиационного индекса сухости, то, при помощи предлагаемой зависимости можно построить следующий график (рис. 3):

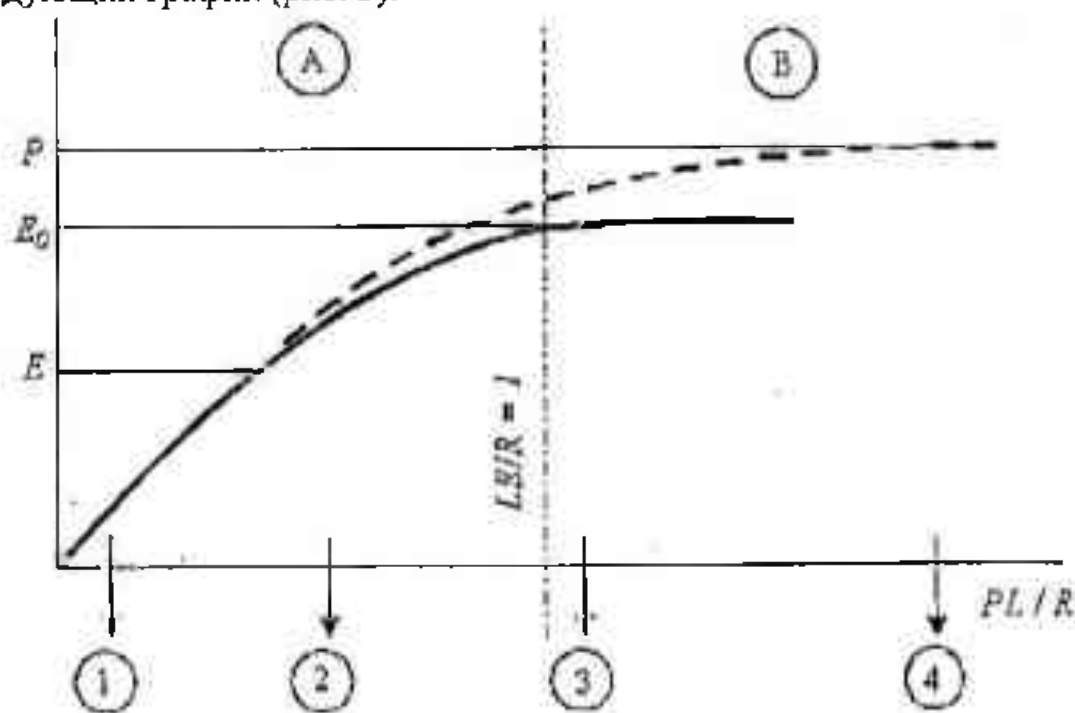


Рис. 3. Зависимость водного баланса и физико-географических условий речных бассейнов.

График имеет форму сходную с зависимостью испарения от влажности почвы (см. рис. 2) и, в то же время, он более информативен. Так, например, при отсутствии других источников влаги, кроме небольшого количества атмосферных осадков (50...150 мм в год), поверхностный сток

не образуется и на данном участке речного бассейна может иметь место лишь ландшафт пустынного типа, с соответствующей ему биологической продуктивностью (диапазон соотношения  $PL/R$  на рис. 3 обозначен цифрой 1). Появление других источников воды (орошение или подъем уровня грунтовых вод и т.д.) приводит к увеличению испарения и соответствующего ему ежегодного прироста биомассы (цифра 2).

При сбалансированном соотношении теплоэнергетических и водных ресурсов (которое обозначено на рисунке линией разделяющей зоны «А» и «В») в данном ландшафте речного бассейна, специально создаваемом в орошаемом земледелии, ежегодная биомасса достигает максимальной величины, процесс почвообразования интенсифицируется, содержание почвенного гумуса возрастает (цифра 3). В районах с избыточным количеством атмосферных осадков и при наращивании объемов водоподачи для регулирования солевого режима почвы, применяют «промывной» режим орошения, при котором оросительную норму увеличивают на 10...30% для выщелачивания из почвы растворимых солей (цифра 4). При этом общий объем водоподачи ( $P$ ) превышает не только водопотребность растений, но и величину испаряемости ( $E_n$ ). Это превышение на рис. 3 изображено пунктирной линией. Продуктивность растений в этом случае не повышается.

Таким образом, в пределах речного бассейна с примерно одинаковым радиационным балансом, могут формироваться различные ландшафты. Регулирование их продуктивности достигается ирригационными мероприятиями, состав которых может быть адаптированным к каждому типу ландшафта. Так, на плодородных почвах целесообразно регулярное орошение, на сенокосных угодьях (луговые почвы) эффективна влагозарядка, на верхних террасах речной долины возможна организация лиманного орошения.

В случае больших бассейнов (например, р.р. Сырдарья, Или, Чу), в пределах которых существенно изменяется величина  $R$ , можно произвести районирование территории по значениям радиационного баланса, и для каждого выделенного района с конкретной величиной  $R$ , по предлагаемой методике вычертить свою кривую  $P = f(PL/R)$ . Следует учесть, что кривая данной связи охватывает гидромелиоративные мероприятия лишь на участке «В», где естественные и искусственные пути и объемы водоприхода уравнивают или перекрывают теплоэнергетические ресурсы данной части речного бассейна. Расширение диапазона соотношений тепла и влаги, вы-

ражаемое частью кривой в зоне «А», позволяет оценить и выбрать приемы регулирования водного баланса также и других ландшафтов. Прежде всего, необходимо задействовать для пополнения почвенной влаги поверхностный сток, путем организации лиманного орошения. Физико-географические условия таких ландшафтов характеризуются частью графика на участке «А» с обозначенной пунктирной линией, т.е. территорией, где имеется сток талых вод.

В сравнении с лиманным или влагозарядковым орошением более перспективным, на наш взгляд, является увлажнение естественных угодий или посевов сельскохозяйственных культур в период их наибольшей водопотребности – в критические фазы развития. Прирост биологической массы растений, при этом, будет выше, а удельные затраты воды – ниже. Это особенно важно для регионов с острым дефицитом водных ресурсов.

Степень изменения природных ландшафтов речного бассейна предопределяется численностью населения, уровнем развития производственных сил региона и экологическими особенностями территории. В Казахстане важнейшим фактором является обеспеченность водными ресурсами, в особенности поверхностной водой. Регулируя лишь водный режим, здесь удастся модифицировать ландшафты. Повышение продуктивности последних пропорционально увеличению величины суммарного испарения, о чем наглядно свидетельствует представленный график (рис. 3).

Таким образом, концепция адаптивных мелиораций заключается в том, что при дефиците поливной воды или при отсутствии других средств интенсификации земледелия, можно ограничиться не полным удовлетворением потребности растений во влаге, когда добиваются равенства  $R = L(X+M+G)$ , что имеет место при орошении, а частичным, при котором  $R/L(X+M+G) > 1$ . Степень превышения радиационного баланса над суммарным приходом влаги определяется природными условиями и хозяйственными потребностями и требует специального обоснования.

Продуктивность угодий (как естественных ландшафтов, так и агрокультурных) может быть оценена, например, экспериментально установленной зависимостью связи урожая и оросительной нормы [4]. Здесь для различных природных зон Казахстана представлена серия кривых, характеризующих понижение урожайности орошаемых культур при снижении оросительных норм (рис. 4).

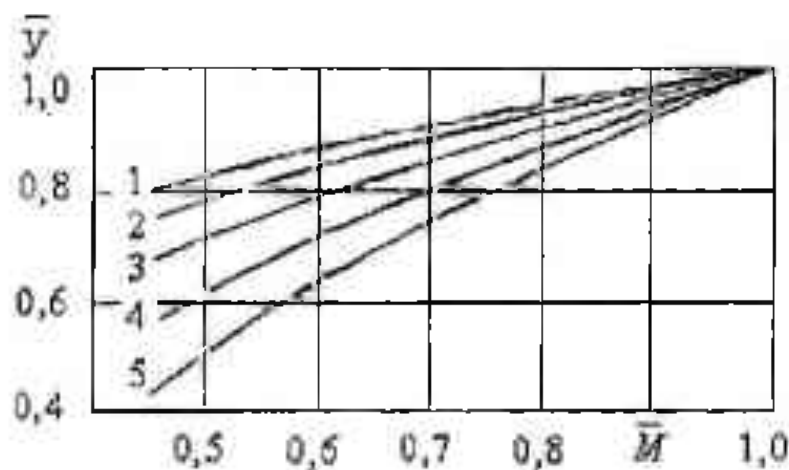


Рис. 4. График связи урожая  $\bar{Y}$  и оросительной нормы  $\bar{M}$  по данным КазНИИ водного хозяйства (1989 г.).

Таблица

Номера кривых на рис. 4 для природных зон с различным увлажнением

№ кривых	Коэффициент увлажнения	Природные зоны
1	0,5	Лесостепь
2	0,5 ... 0,3	Степь
3	0,3 ... 0,2	Полупустыня
4	0,2 ... 0,05	Пустыня северная
5	0,05 ... 0,02	Пустыня южная

Форма кривых близка к прямолинейной зависимости и может считаться частью более общего графика, представленного на рис. 3. По предлагаемой формуле (2) можно вычислить  $P$ , затем величину оросительной нормы для оптимального водоснабжения растений и для «ущемленного». Отношение их даст величину  $\bar{M}$ , необходимую для определения относительной урожайности  $\bar{Y}$ , по графику на рис.4. Аналогично можно прогнозировать и продуктивность естественной растительности, как реакцию на дополнительные объемы влаги антропогенного происхождения. Такой подход актуален для Казахстана, который испытывает нарастающий дефицит поливной воды и других средств интенсификации земледелия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алпатыев А.М. Биофизические основы влагопотребления орошаемых культур. //В сб. «Орошаемое земледелие в Европейской части СССР». – М.: Колос, 1965. – С. 54-66.
2. Великанов М.А. Гидрология суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 402 с.

3. Воробьев С.А. и др. Земледелие. – М.: Колос, 1977. – 480 с.
4. Оросительные нормы сельскохозяйственных культур в Казахстане (рекомендации). – Джамбул: КазНИИВХ, 1989. – 74 с.
5. Пенман Х.Л. Растение и влага. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. – 160 с.
6. Соколовский Д.Л. Речной сток. – Л.: Гидрометеоздат, 1952. – 490 с.
7. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 372 с.

Казахский НИИ водного хозяйства

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

## **СУ ДЕФИЦИТТІ АЙМАҚТАРДАҒЫ ӨЗЕН АЛАБЫНАН ЖАЛПЫ БУЛАНУ ЖӘНЕ АДАПТИВТІК МЕЛИОРАЦИЯЛАР**

Техн.ғылымд. докторы      М.Г. Бөженов  
Техн.ғыл.канд.              М.Х. Сәрсенбаев

*Атмосфералық жауын-шашындар мен суаруға байланысты табиғи және дақылды өсімдіктердің эвапотранспирациясын есептеуге арналған формула ұсынылған. Қазақстан үшін өзекті бола алатын адаптивтік мелиорациялар концепциясы берілген.*

УДК 627.1

**К ВОПРОСУ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МАЛОГО АРАЛА**

Канд. техн. наук О.К. Карлыханов

*Анализируются причины снижения основных параметров Аральского моря и их взаимосвязь с темпом осуществления водохозяйственных мероприятий. Даются батиметрические характеристики Большого и Малого Арала после их разделения по линии пролива Берга. Указаны экологически приемлемый уровень наполнения Малого Арала и соответствующие этому уровню объем и площадь водной поверхности.*

Снижение экологической нестабильности окружающей природной среды в бассейне Аральского моря и подпитывающих его рек Амударья и Сырдарья является результатом интенсивного расширения площадей орошаемого земледелия и увеличения объемов воды, забираемой из источников. Создание в низовьях рек крупных наливных водохранилищ, Шардаринского на р. Сырдарья и Туямуюнского на р. Амударья, привело к полному зарегулированию их стока. Недостаток аккумулярованного аналогичными водохранилищными комплексами природоохранного стока стал одной из причин снижения уровня моря и развития экологически неблагоприятных условий. Изменился естественный режим прохождения максимальных и минимальных стоков по руслу рек, характерными для них стали занесение верхнего бьефа и развитие местного и общего размыва нижележащих от гидротехнических сооружений участков, а также, затопление и подтопление прилегающих к рекам территорий. Аральское море и основные водные артерии региона с уникальной дельтой и многочисленной озерной системой, перестали функционировать как единый, открытый и саморегулируемый природно-географический объект, превратились в накопители остаточных речных и коллекторно-дренажных стоков.

В настоящее время процесс высыхания моря и рек развивается в следующих направлениях.

**1. Изменение природного режима рек в низовьях.**

Шардаринское и Туямуюнское водохранилища, являясь водоемами сезонного регулирования, предназначены для обеспечения водой, в основном орошаемых земель, где руслоформирующий, природоохранный расход

и сток, необходимые для сохранения естественного режима самого русла рек, их дельты и моря, строго лимитированы. В маловодные годы в замыкающих створах рек вода в летний период отсутствует. Все это привело к полной деградации природных процессов, развитию нежелательных русловых деформаций и потере пропускной и транспортирующей способности стока. Развиваются процессы занесения верхнего и размыва нижнего бьефов гидростехнических сооружений. Водозаборные и водоподпорные сооружения, расположенные на протяжении рек, стали причиной русловых переформирований, наблюдается изменение базиса эрозии и снижение устойчивости русла.

## 2. Изменение мелиоративного состояния орошаемых земель.

На них идет процесс интенсивного соленакопления. На фоне поверхностного (вместе с оросительной водой) и подземного (по почвенным капиллярам) соленакопления происходит воздушный солеперенос, представленный огромным количеством ядовито-соленой пыли, поднятой с высохшего дна моря. Этот объем, по оценке экспертов, составляет 175...180 млн. т/год [1]. По прогнозам специалистов доля воздушного переноса ядовито-соленой пыли в дальнейшем будет увеличиваться. Их следы обнаружены не только в прилегающих к морю территориях, но и на отдаленных от моря оросительных системах Средней Азии и Казахстана, на горных массивах — и стоках этих рек.

## 3. Продолжение высыхания Аральского моря.

До ввода в эксплуатацию водохозяйственных объектов и крупных мелиоративных систем, площадь моря превышала 66 тыс. км<sup>2</sup> с объемом свыше 1 тыс. км<sup>3</sup> и средней соленостью 9 г/дм<sup>3</sup>. В настоящее время площадь моря уменьшилась до 40 тыс. км<sup>2</sup>, объем до 400 км<sup>3</sup>, соленость превысила 40 г/дм<sup>3</sup>. Увеличилась континентальность климата Приаралья, температура понизилась зимой и возросла летом на 1...2 °С, участились несвоевременные заморозки. Высохшее дно моря на площади около 30 тыс. км<sup>2</sup> превратилось в песчано-солончаковую пустыню.

В 1988 г море разделилось на две части — Большое и Малое море, после чего были начаты работы по созданию искусственно-регулируемых водоемов Аджибай, Муйнак, Рыбацкий и Джилтырбас на Большом море и Сарыныганак на Малом море. Для заполнения, например, Малого моря потребуется 10...15 км<sup>3</sup>, а для поддержания уровня — 7...8 км<sup>3</sup> воды ежегодно. Такой резерв воды в бассейне Сырдарьи имеется, но транзитный перевод ее в Малое море возможен только при восстановлении пропуск-



ной способности русла и стабилизации транспортирующей способности потока, повышении плановой устойчивости низовых участков реки Сырдарья. Наиболее интенсивные русловые изменения происходят именно на низовом участке реки в силу ряда геоморфологических особенностей речной полосы и проведения водохозяйственных мероприятий в бассейне реки. Интенсивность антропогенного изменения шла скачкообразно, с выделением периодов, относящихся к началу ввода в эксплуатацию крупных подохранилищ.

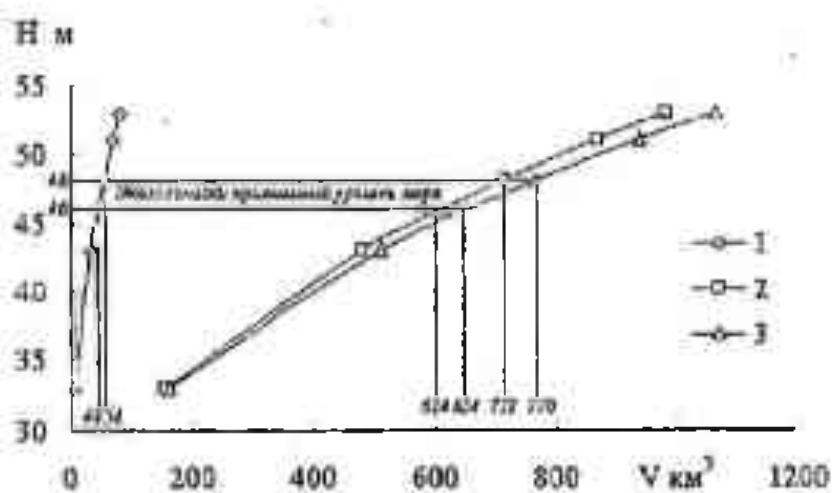
До начала интенсивной хозяйственной деятельности (I период – природно-естественный режим) гидрологический режим реки был устойчивым. Среднемноголетнее значение стока равнялось  $14,2 \text{ км}^3/\text{год}$ , в дельту реки и Аральское море осуществлялся сброс стока в объеме от 10 до 20  $\text{км}^3/\text{год}$  в зависимости от водности года. Далее во II и III периодах сток реки начал снижаться, т.е. в периоды проникновения антропогенных воздействий (1962...1973 гг.) и чрезвычайных антропогенных воздействий (1974...1986 гг.) его объемы достигли уровня соответственно 9,4 и 1,3  $\text{км}^3/\text{год}$ . Третий период – период кризисных антропогенных воздействий – был наиболее губительным и для реки и для Арала (1987...2002 гг.). В конце этого периода большинство рек дельты существенно снизили уровни и/или частично высохли, сокращались площади тугайных лесов и естественных пастбищ. Более рельефнее стали образовываться новые пустынные районы вокруг Аральского моря, вплотную подходя к руслу реки и дельте. После распада моря в 1989 году на два водоема образовались юго-западный Большой Арал и существенно меньший северо-восточный Малый Арал. В настоящее время Большой Арал питается р. Амурдарья, а Малый Арал – р. Сырдарья с переливом части расхода в Большое море через прокол, образованный на дне бывшего пролива Берга [2].

Ниже на рис. показаны объем воды и площадь поверхности воды раздельно для Большого и Малого морей, хотя до отметки 40 м море было единым. Водораздел произведен по линии наибольших отметок полуострова Коккарал и пролива Берга по самой высокой отметке морского дна.

Основные параметры Большого и Малого морей вычислены на основе крупномасштабных топографических карт. На рис. приведены изменения вышеперечисленных параметров до самого наихудшего сценария для обеих частей моря. Как видно в табл. и на рис., Малое море является небольшой частью всей акватории (1/11 часть по площади и 1/13 часть по объему), и наполнение его объема и стабилизации уровня воды на отмет-

как 43...45 м технически вполне осуществимо при перекрытии пролива Берга плотиной высотой 6...7 м. Необходимо отметить, что за последние десять лет, после разделения моря, была возведена земляная плотина без обоснования устойчивости её сгонно-нагонным явлениям и фильтрационным потоком, и каждый раз она разрушалась при достижении уровня воды 43...44 м. В настоящее время утвержден еще один проект возведения земляной плотины и строительство ее намечено на 2002...2005 годы. Кроме технической стороны проблемы восстановления Малого Арала имеется еще одна, связанная с его заполнением. Для заполнения Малого Арала ежегодно по руслу рек нужно пропускать 10...15 км<sup>3</sup>/год (320-470 м<sup>3</sup>/с), а для поддержания уровня воды на отметках 43...45 м потребуется ежегодно 8...10 км<sup>3</sup>/год (250...320 м<sup>3</sup>/с) воды.

а



б

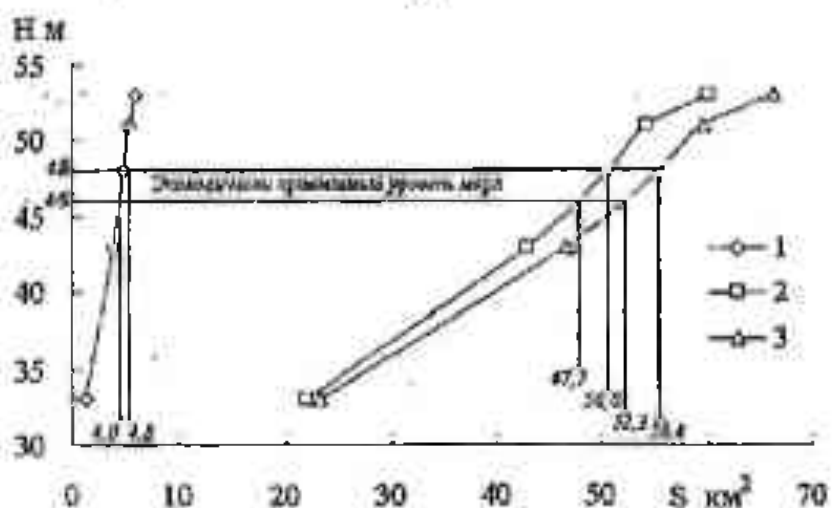


Рис. Батиграфические характеристики Аральского моря после его разделения. а – объем моря; б – площадь водной поверхности; 1 – Малый Арал; 2 – Большой Арал; 3 – Аральское море.

Для пропуска такого объема, в нижнем течении реки, необходим всесторонний анализ гидрологического режима за весь период наблюдений, а так же обоснование минимального порога попусков природоохранного расхода (как его раньше называли) в нижний бьеф и транспортировки его до замыкающего створа. В этих условиях особенно важна роль регулирования и распределения речного стока. Резкое уменьшение стока реки в низовьях приводит к высыханию дельтовых озер, которые являлись буферной зоной между рекой и морем, нерестилищем и выростной акваторией для ихтиофауны. Здесь располагались камышовые заросли и приречные тугай, где находили себе укрытие дикая фауна и домашние животные местного населения.

Сокращение стока реки сопровождалось коренным изменением гидрологического режима, обусловленного энергетическими попусками Нарынского каскада ГЭС в зимнее время. Появились не свойственные речной экосистеме *зимние наводнения*, сопровождающиеся заторами льда, затоплением населенных пунктов и зимних убежищ дикой фауны и домашних животных.

В заключении нужно отметить, что в маловодные годы формируемый в низовьях сток должен удовлетворить, в первую очередь, потребности природных комплексов, таких как дельта реки, озерные системы, естественные заливные луга и пастбища. Это важно для стабилизации гидроэкологической обстановки в низовьях рек.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Достай Ж.Д., Турсунов А.А. Арало-Сырдарьинский бассейн (гидроэкологические проблемы, вопросы вододелиния). – Алматы: Дауир, – 2001. – 180с.
2. Турсунов А.А. От Арала до Лобнора. – Алматы: Гылым, 2002. – 459с.

Таразский государственный университет им. Дулати

#### КІШІ АРАЛДЫ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ СҰРАҒЫ ТУРАЛЫ

Техн. ғылымд. канд. О.К. Қарлыханов

*Статьяда Арал теңізінің негізгі параметрлерінің төмендеу себептері және олардың сушаруашылық шаралардың іске асырылу қарқынымен өзара байланысы талданады. Теңіздің Берг бұғазы сызын бойымен бөлінгеннен кейінгі үлкен және кіші Аралдың батиграфиялық сипаттамалары келтірілген. Кіші Аралдың экологиялық қабылдауға болатын деңгейі және соған сәйкес келетін көлемі мен су бетінің ауданы қорсетілген.*

УДК 551.583.7:551.435.2(574)

**О ВЛИЯНИИ СЕЛЕФОРМИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ОБЪЕМЫ  
КОНУСОВ ВЫНОСА**

Доктор геогр. наук

Б.С. Степанов

Канд. геогр. наук

Р.К. Яфязова

*Рассмотрены факторы, определяющие объемы селевых конусов выноса. Показано, что главная роль в формировании наносов верхнего яруса накопления принадлежит экзарации, а скорость выноса наносов определяется климатом.*

Узкие полосы предгорных равнин, примыкающие к горным хребтам на юге Казахстана, наиболее благоприятны для жизни и хозяйственной деятельности человека. В своем большинстве они представляют собой шлейфы, образованные в результате слияния конусов выноса, замыкающих горные долины. Формирование рельефа Заилийского Алатау и прилегающей к нему территории, скорее всего, длилось несколько миллионов лет, однако упомянутые конусы выноса образованы в основном отложениями плейстоцена [8]. Конусы выноса являются средним ярусом накопления наносов, переносимых селевыми и водными потоками из верхнего яруса накопления.

Основной объем наносов, концентрирующихся в верхнем ярусе накопления, представлен моренами. В бассейнах рек, где неотектонические процессы проявлялись особенно сильно, важная роль в формировании наносов принадлежит обвалам (Большая Алматинка, Иссык, Аксай) и осыпям (Иссык). Мощным поставщиком рыхлообломочного материала и влаги могут быть каменные глетчеры. Незначительные по объему и расходу сели, образующиеся в высокогорной зоне в результате выпадения жидких осадков, таяния снега и льда, прорыва небольших емкостей моренно-ледниковых комплексов отлагаются также в верхнем ярусе накопления. Менее значительная роль в формировании наносов верхнего яруса накопления принадлежит оползням, делювиальным и флювиогляциальным отложениям (рис. 1).

Основным механизмом переноса наносов из верхнего яруса накопления на средний ярус являются сели, вызываемые прорывом емкостей моренно-ледниковых комплексов, а также выпадением ливневых дождей в высот-

ной зоне 3000-3500 м. Значительно более редкими, но грандиозными по масштабам сели могут быть вызваны прорывом завальных озер [3].

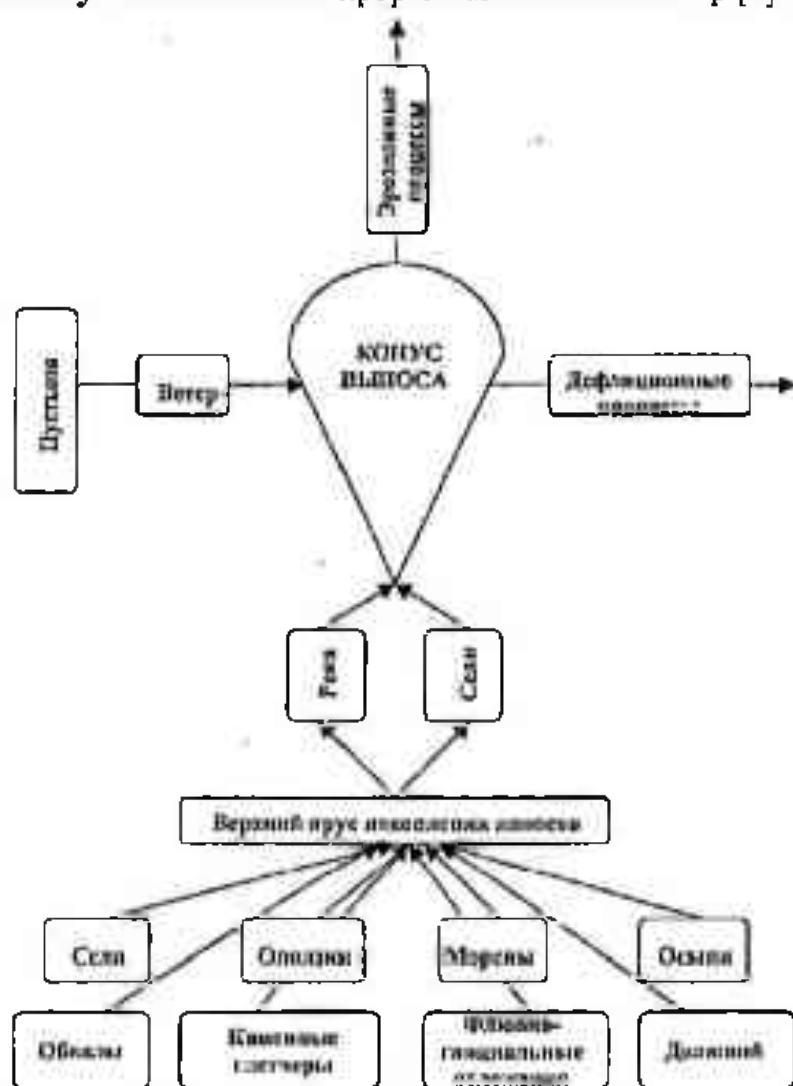


Рис. 1. Схема накопления и переноса наносов из верхнего яруса накопления на средний ярус.

Результаты исследований, выполненных в КазНИИМОСК, свидетельствуют о том, что вынос наносов на конусы выноса происходит в основном в межледниковые периоды, но аномальное увеличение твердого стока в ледниковые периоды может иметь место после мощных сейсмических явлений [7].

Напротив, активизация накопления эоловых отложений происходит в ледниковые периоды. Мощность лессового покрова к началу межледниковья может достигать нескольких десятков метров. Так, мощность лессов, образовавшихся в период вюрмского оледенения и перекрывающих в настоящее время отложения рисс-вюрмского межледниковья в восточной части конуса выноса р. Узункаргалы, даже в

настоящее время превышает 20 м. На территории г. Алматы мощность лессового чехла изменяется в пределах от 0 до 10 м (местоположение здания КазНИИМОСК), не исключено, что мощность лессов на конусе выноса р. Малая Алматинка где-то и превышает последнее значение.

Однако, как показало изучение строения конуса выноса р. Аксай [2], доля лесса в общем объеме конуса выноса невелика и является величиной переменной во времени. К концу периода накопления лессов их доля в общем объеме конуса выноса может достигать первых десятков процентов. В ходе глобальных потеплений, вызывающих активизацию селевых явлений, происходит разрушение лессового покрова и вынос лессовидных пород за пределы конусов выноса. Оставшиеся фрагменты лессового покрова могут войти в состав конуса выноса лишь в том случае, если они перекрываются селевыми отложениями и в дальнейшем не подвергаются размыву водными потоками или не вовлекаются в состав движущейся селевой смеси. Как правило, мощность лессовых останцев не превышает 1-2 м.

Известно, что для формирования селей необходимо, кроме наличия рыхлообломочных пород, чтобы характеристики основных факторов селеобразования превышали критические значения. Основным лимитирующим фактором селеобразования на северном склоне Заилийского Алатау является водный фактор. Емкости в моренно-ледниковых комплексах, прорыв которых приводит к формированию селей, способных отложиться на конусах выноса, образуются и заполняются водой в периоды отступления ледников. Ливни, приводящие к формированию катастрофических селей дождевого генезиса, в условиях климата 20 века имели место один раз в 50-100 лет [6]. При потеплении климата на 2-3 °С осадки, необходимые для зарождения селей в стартовых зонах, станут обыденным явлением и, как следствие, катастрофические сели в бассейнах основных рек северного склона Заилийского Алатау будут формироваться ежегодно и, быть может, не один раз. Именно поэтому в период рисс-вюрмского межледниковья за короткий промежуток времени, не превышающий, скорее всего, 100 лет, только на конусе выноса р. Малая Алматинка отложилось около 1 млрд м<sup>3</sup> селевой смеси. В то время как за весь голоцен объем отложений на конусе выноса не превысил 3 млн. м<sup>3</sup>.

Хребет Заилийский Алатау настолько велик, что вынос даже нескольких десятков кубических километров рыхлообломочных пород из речных бассейнов северного склона мало отражается на энергии его

рельефа. Следовательно, лимитирующими факторами селеобразования могут быть климатический (температура, осадки), либо геологический (наличие наносов, способных инициировать и принять участие в образовании селевых потоков).

Наличие значительных по объему остатков морен рисского оледенения в Заилийском Алатау позволяет сделать вывод о том, что затухание и прекращение селевой деятельности в рисс-вюрмском межледниковье были обусловлены климатическими особенностями описываемого периода плейстоцена, или истощением запасов рыхлообломочных пород в стартовых зонах селей дождевого генезиса. Если причиной затухания селей было изменение климатических условий, то увеличение продолжительности периода благоприятного для селеформирования могло привести практически к полному выносу наносов, накопившихся в верхнем ярусе накопления.

Чем же определяется, помимо временного фактора, количество наносов, накапливающихся в периоды оледенений в верхнем ярусе накопления? Анализ факторов, определяющих скорость геологических процессов на северном склоне Заилийского Алатау, оценка скорости речной, ветровой и ледниковой эрозии, склоновых процессов, сравнение полученных данных с данными, имеющимися по другим районам Земли [1] позволяют утверждать, что решающая роль в формировании наносов верхнего яруса накопления принадлежит эскарации, а также всем тем процессам, активное участие в которых принимают перепады температур, снег и лед в горах. Обобщающей характеристикой перечисленных процессов, по нашему мнению, может служить площадь оледенения. Если это предположение верно, должна наблюдаться достаточно тесная связь между площадью оледенения бассейна и объемом конуса выноса, образованного отложениями селей данного бассейна.

При выявлении этой связи необходимо учитывать следующее:

- подавляющая часть объема наносов, накопившихся в верхнем ярусе накопления в период вюрмского оледенения и в голоцене до настоящего времени на конусы выноса не выносились;

- конусы выноса в западной части хребта, сформировавшиеся в нижнем плейстоцене, в ходе образования верхней предгорной ступени оказались поднятыми на высоту до 1000 м;

- объем конусов выноса, замыкающих в настоящее время горные долины западной части хребта, представлен в основном отложениями среднего плейстоцена;

- на конусах выноса суммарный объем отложений гюнц-миндельского и миндель-рисского межледниковий близок по величине к объему отложений рисс-вюрмского межледниковья;

- долины рек Каскелен, Чемолган и Узункаргалы в результате образования верхней предгорной ступени приобрели антецедентные участки, в результате чего переотложение наносов из конусов выноса, образовавшихся в нижнем плейстоцене, на конусы выноса, образовавшиеся в рисс-вюрмском межледниковье, уменьшилось.

Изучение следов рисского оледенения на северном склоне Заилийского Алатау позволило оценить масштабы этого оледенения [4], а определение объемов конусов выноса стало возможным в результате исследований механизмов формирования конусов аллювиальными и пролювиальными отложениями [9, 10]. Под пролювиальными отложениями в данном случае подразумеваются селевые отложения, обладавшие ярко выраженными пластическими свойствами [5].

На рис. 2 приведены данные, позволяющие, в первом приближении, оценить связь объемов конусов выноса основных рек северного склона Заилийского Алатау с площадями соответствующих бассейнов рек и площадями оледенений этих бассейнов в период рисского оледенения.

Нетрудно видеть, что теснота связи объемов конусов выноса и площадей рисского оледенения (рис. 2б) превышает таковую объемов конусов выноса и площадей речных бассейнов (рис. 2а). Объясняется это тем, что рыхлообломочный материал, накопившийся в верхнем ярусе в период рисского оледенения в ходе селевых процессов, переотложился на средний ярус, образовав конусы выноса в западной части хребта и увеличил их объемы в восточной части.

Хотя связь между площадями оледенений и объемами конусов выноса (рис. 2б) достаточно тесная, бросается в глаза резкое отклонение, от общей закономерности, положения точек, соответствующих конусам выноса рек Иссык, Чемолган и Каскелен. Наиболее просто можно объяснить малое значение объема конуса выноса р. Чемолган. Во-первых, именно в бассейне р. Чемолган морены рисского оледенения сохранились лучше всего и, следовательно, значительный объем наносов верхнего яруса накопления рисского возраста все еще не вынесен селями на конус выноса и находится в высотном интервале 2000-2500 м. Во-вторых, судя по-всему, в период рисского оледенения современная долина р. Чемолган еще не существовала, а сток вод происходил по долине р. Шубарай. И лишь в ходе дегляциации



произошло изменение направления русла, сформировалась antecedentная долина, началось образование современного конуса выноса [8].

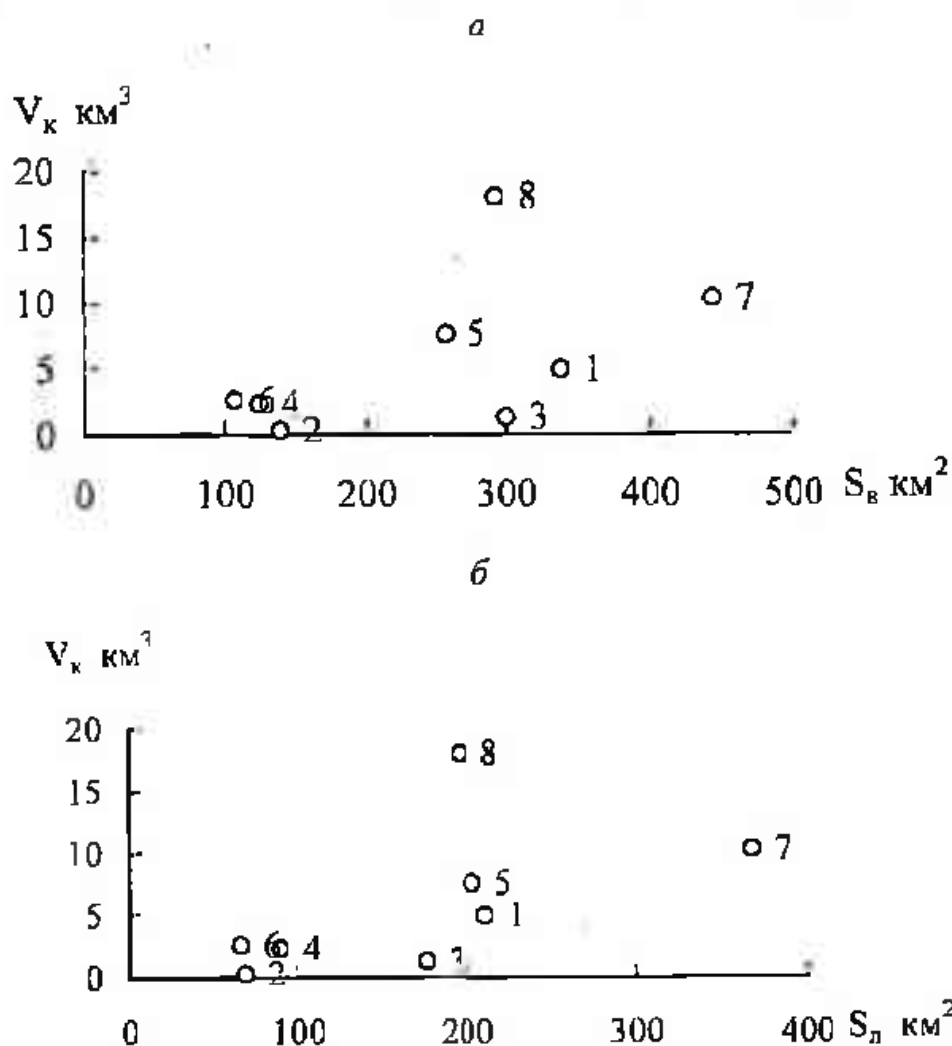


Рис.2. Зависимость объемов конусов выноса от площади водосбора (а) и площади оледенения в риссе (б). 1-Узункаргалы; 2-Чемолган; 3-Каскелен; 4-Аксай; 5-Большая Алматинка; 6-Малая Алматинка; 7-Талгар; 8-Иссык.

Сложнее найти объяснение значительному превышению объема конуса выноса р. Иссык над значением, вытекающим из общей закономерности. Наиболее достоверной представляется следующая гипотеза. Известно, что скорость эксарации определяется не только характеристиками ледника, морфометрическими характеристиками его ложа, но и минералогическим составом и прочностными характеристиками слагающих его горных пород. Прочность горных пород в значительной мере определяется тектоническим строением речных бассейнов. Логичным представляется поставить зависимость прочности горных пород от суммарной длины тектонических разломов, приходящихся на единицу площади речных бассейнов (коэффициент "трещиноватости").

Определение коэффициента «трещиноватости» для различных бассейнов рек Заилийского Алатау проводилось на основе данных о тектонических разломах, приведенных в «Схеме новейшей тектоники Алма-Атинского сейсмоактивного района», составленной Н.М. Чабдаровым. Значения упомянутых коэффициентов приведены в табл.

Таблица

Коэффициенты «трещиноватости» бассейнов рек северного склона Заилийского Алатау

Бассейн реки	Коэффициент «трещиноватости»
Иссык	0,063
Талгар	0,036
Малая Алматинка	0,037
Большая Алматинка	0,031
Аксай	0,032
Каскелен	0,02
Чемолган	0,039
Узункаргалы	0,028

Сопоставляя данные, приведенные на рис. 26 и в табл., нетрудно видеть, что практически двукратное превышение объема конуса выноса р. Иссык относительно значения, предписываемого общей закономерностью, хорошо согласуется со значением коэффициента «трещиноватости» для бассейна этой реки. То же можно сказать и об объеме конуса выноса р. Каскелен. Его малое значение хорошо согласуется с относительно слабым проявлением тектоники Заилийского Алатау на территории бассейна р. Каскелен.

Связь площадей рисского оледенения в бассейнах рек северного склона Заилийского Алатау с объемами их конусов выноса, приведенных условно к единой геолого-геоморфологической ситуации, характеризует рис. 3. Тесная связь площадей оледенения рисса с объемами конусов выноса очевидна, коэффициент корреляции  $r = 0,86$ .

Как отмечалось выше, конусы выноса сложены преимущественно отложениями нижнего и среднего плейстоцена. Селевая деятельность в голоцене привела к эрозионному разрушению верхней трети конусов выноса и отложению и переотложению селевых масс в средних и нижних частях конусов. При непринятии превентивных мер дальнейшее отложение селей на конусах выноса в ходе глобального потепления приведет к увеличению размеров конусов выноса. Следствием этого станет разрушение оставшегося лессо-

вого покрова и вынос его за пределы конусов выноса. Следует ожидать и активизации процессов рельефообразования в междуречьях.

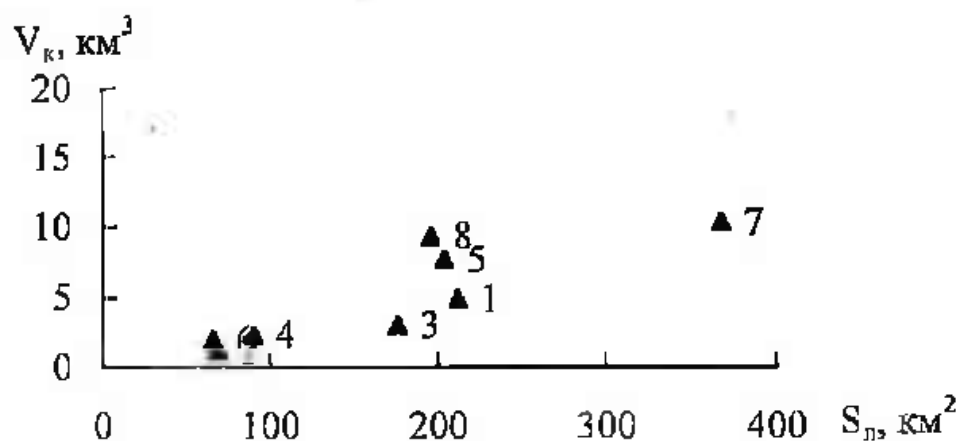


Рис. 3. Зависимость объемов конусов выноса от площади оледенения в риссе с учетом разрушенности морен и особенностей тектоники. 1 - Узункаргалы; 2 - Чемолган; 3 - Каскелен; 4 - Аксай; 5 - Большая Алматинка; 6 - Малая Алматинка; 7 - Талгар; 8 - Иссык.

Залповый выброс десятков кубических километров наносов на предгорную равнину коренным образом изменит режим твердого стока рек, впадающих в р. Или. Наносы рек, впадающих в Капчагайское водохранилище, приведут к его заилению, а рек, впадающих в р. Или ниже Капчагайской плотины, - к значительному росту дельты р. Или, что не может не отразиться на режиме оз. Балхаш.

Таким образом, своевременное проведение мероприятий по предотвращению или значительному уменьшению селевой деятельности в условиях глобального потепления становится жизненно важным не только для горных и предгорных районов Заилийского Алатау, но и всего Или-Балхашского региона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кукал З. Скорость геологических процессов. - М.: Мир, 1987. - 246 с.
2. 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.

3. Степанов Б.С., Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К. О катастрофических явлениях в голоцене в бассейне реки Большая Алматинка // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 4. - С. 154-165.
4. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Оледенения Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. - 2000. - № 3-4. - С. 100-108.
5. Степанов Б.С., Степанова Т.С. Механика селей. - М.: Гидрометеиздат, 1991. - 379 с.
6. 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.
7. Степанов Б.С., Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К. Свершившиеся и потенциальные постсейсмические катастрофы на Северном Тянь-Шане (Тезисы докладов второго Казахстанско-Японского семинара по предотвращению последствий разрушительных землетрясений). - Алматы, 23-25 сентября 2002 г. - С. 28-29.
8. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. К формированию рельефа северного склона Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. - 2002. - № 2. - С. 100-113.
9. Яфязова Р.К. Основные закономерности формирования селевых конусов выноса (на примере северного склона Заилийского Алатау): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. - Алматы, 1998. - 21 с.
10. Яфязова Р.К. Особенности механизмов формирования конусов выноса горных рек // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 2. - С. 175-187.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

### **СЕЛ ТУЫНДАТУПЫ ФАКТОРЛАДЫҢ ЫСЫРЫНДЫ КОНУСЫ КӨЛЕМІНЕ ӘСЕРІ**

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

*Селдің ысырынды конустары көлемін анықтаушы факторлар қарастырылған. Жоғарғы деңгейдегі жиналатын қоқыстардың пайда болуында басты рөлді экзарация атқаратындығы, ал қоқыстардың ысырылу жылдамдығының климатқа байланыстылығы көрсетілген.*

УДК 556.535.6

**ПЕРЕНОС НАНОСОВ НА ГОРНЫХ РЕКАХ В ПОСТСЕЛЕВЫЕ ПЕРИОДЫ**

Э.А. Турсунов

*Рассмотрены механизмы перемещения крупных песчано - гравелистых массивов, образующихся в русле реки после прохождения селя.*

Особенностью твердого стока рек северного склона Зайлийского Алатау является высокая скорость течения воды, обусловленная морфологическим строением русел. Режим транспорта наносов зависит от скорости течения реки и гранулометрического состава наносов. Мелкие фракции переносятся во взвешенном состоянии, а более крупные образуют влекомые наносы. При этом транспортирующая способность горных рек, как правило, много больше того количества наносов, которое наблюдается на реках в бытовых условиях [2, 6]. Исключения составляют сели и постселевые явления, когда количество наносов, поступающих в русла в течение короткого промежутка времени, значительно больше транспортирующей способности потока при бытовых расходах реки.

Наглядным подтверждением служат, наблюдавшиеся в ходе Чемолганского эксперимента, постселевые явления. После прохождения селя в русле реки Чемолган образовывался песчано-гравийный массив, имеющий следующие геометрические размеры: длину 3300...3500 м, ширину 4...5 м и толщину 0,1...0,2 м. Гранулометрический состав этого массива представлен достаточно большим спектром частиц с крупностью от 0,1 мм до 10 – 20 мм. При этом около 50 % приходится на фракции крупностью от 1 до 5 мм [8]. Движение таких массивов, длиной в несколько километров, со скоростями около 2,3...2,6 км/сут в постселевые периоды наблюдалось также при проведении экспериментов на Чемолганском полигоне в 1972...1978, 1988, 1991 годах [7].

На относительно пологих участках реки перенос наносов осуществлялся в основном во влекомом состоянии, при этом русло реки полностью перекрывалось слоем песка толщиной от 20 до 50 см. Течение реки становилось близким к характеру течения на равнинных участках. При

этом наблюдалось кратковременное формирование грядового режима движения наносов, которое вследствие высокой турбулентности потока способствовало образованию антидюн [5].

Описание отдельных этапов формирования и разрушения антидюн показано на рис. 1. На ровной поверхности песчаных отложений, по которым течет слой воды толщиной около 10 см, начинают формироваться гряды. Расположение их осей близко к нормальному, относительно направления течения воды, расстояние между грядами от 1,5 до 2 м.

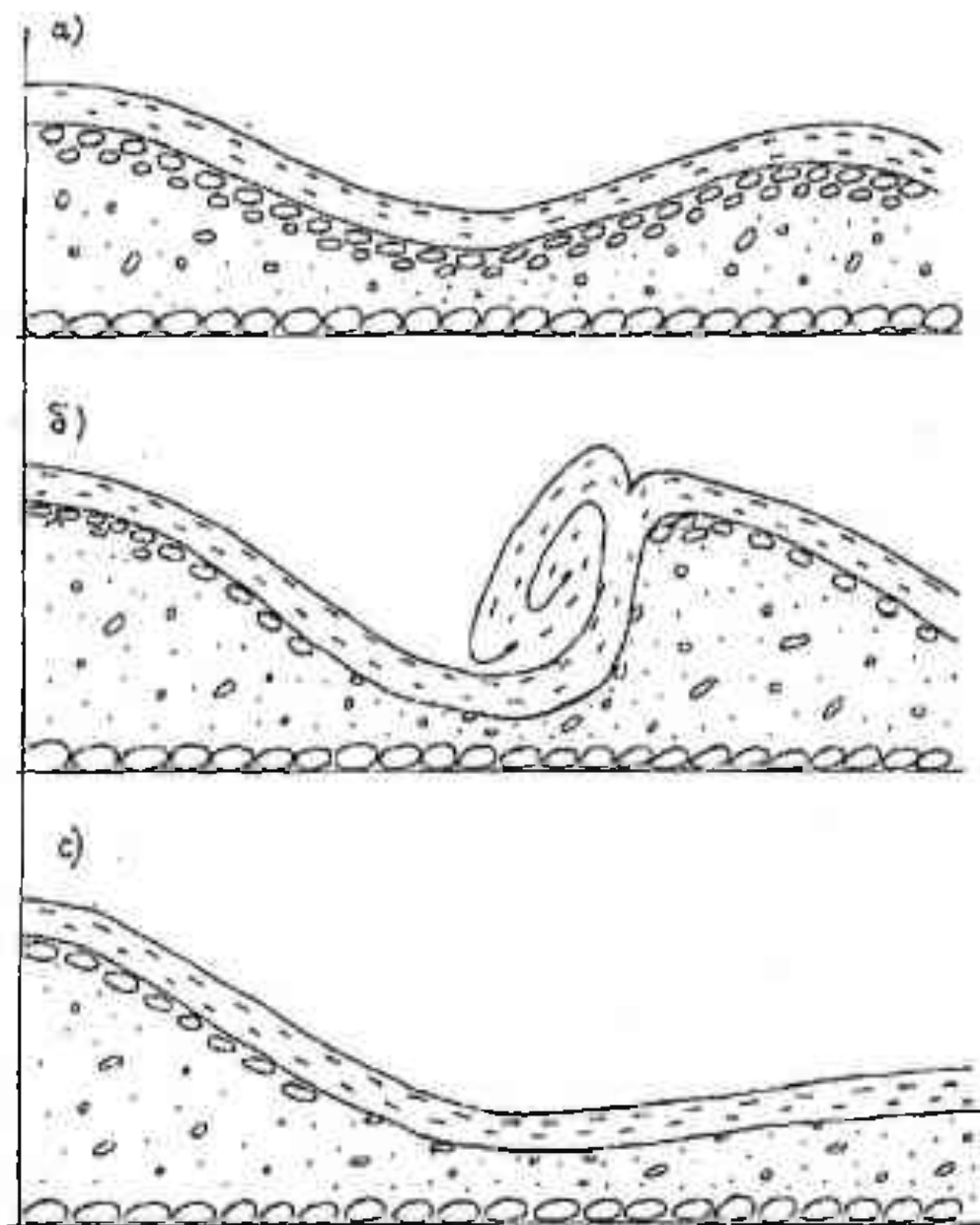


Рис. 1. Стадии развития и разрушения грядового перемещения наносов.  
а) начало формирования антидюн; б) стадия максимального развития антидюн; в) стадия разрушения антидюны и переход наносов во взвешенное состояние.

В течение 1...1,5 мин высота гряд увеличивается до 25...30 см, после чего на грядах, расположенных ниже по течению, спокойное обтекание их вершин гряд водным потоком нарушается. Внешне это напоминает опрокидывание волны. При разрушении гряды частицы наносов переходят во взвешенное состояние, а мощность песчаного массива в этом месте уменьшается на 5...10 см [9]. Происходящий процесс разрушения распространяется на вышележащие гряды. Процесс разрушения гряд длится около 10...15 с и охватывает участки русла длиной 150...200 м. После чего наступает временное затишье, затем процесс повторяется. Так происходит до тех пор, пока весь массив песка не сдвинется вниз по руслу. Весь процесс формирования и последующего разрушения гряд длится от 2...3 до 7...10 мин.

Таким образом, движение массива происходит практически при его неизменных размерах подобно «гусенице трактора» [8]. Песок перемещается вдоль тела массива и при достижении головной части происходит оседание песка в виду резкого увеличения шероховатости. Поступающие с верхней части наносы имеют широкий спектр гранулометрического состава: от мелкого песка с частицами менее 1 мм, до гальки и щебня с размерами от 10 до 100 мм. Поскольку транспортирующая способность на этом участке меньше чем на предыдущем, происходит частичное отложение наносов, имеющих также широкий спектр размеров. Так как скорость потока выше днообразующей, то относительно мелкие частицы, опустившиеся на дно русла, имеют возможность вновь перемещаться скачкообразно или во взвешенном состоянии вниз по течению за пределы рассматриваемого участка. Более крупные частицы перемещаются качением с меньшей скоростью. По мере увеличения мощности отложившихся наносов происходит рост концентрации относительно крупных частиц как в толще наносов (в верхнем слое) так и вдоль русла (рис 1а).

Увеличение концентрации гальки (щебня) на нижнем участке приводит к увеличению шероховатости русла. В результате скорость течения воды уменьшается до значения, при котором начинается процесс формирования грядового режима перемещения наносов в виде антидюн. По мере увеличения концентрации крупных фракций наносов на вышерасположенных участках, на них также начинается процесс формирования антидюн. Их размер уменьшается снизу вверх из-за различного времени начала формирования.

При формировании и росте антидюн происходит изменение свободной поверхности потока, который огибает растущие гряды до тех пор, пока кинетическая энергия падающей с гребня воды не начинает размывать

верхний откос гряды находящейся ниже по течению. Это способствует дальнейшему росту дюны, которое происходит до тех пор, пока образовавшаяся воронка размыва не приведет к неустойчивому состоянию самой гряды (рис 1б). В результате происходит её опрокидывание и, как следствие, интенсивное разрушение, сопровождающееся переходом большинства частиц, образующих гряду, во взвешенное состояние и их интенсивный вынос с рассматриваемого участка русла на нижележащий участок (рис 1в). В свою очередь, на этом участке происходит накопление материала и повторение происходящих выше по течению процессов.

Наблюдаемый механизм переноса наносов существенно отличается от грядового перемещения наносов на равнинных реках. В первую очередь отличия обусловлены бурным потоком и высокой скоростью течения воды. Кроме того, наблюдаемое развитие и разрушение гряд происходит при глубинах потока, соизмеримых с размерами самих гряд. Механизм развития и последующего разрушения гряд неизбежно приводит к рассмотрению структуры потока в пространстве, образованном соседними грядами. В начале процесса имеем поток воды, сходящий с гребня гряды со скоростью  $V$  и глубиной  $H$ , равных скорости и глубине потока в естественном режиме. Сходящий с гребня гряды поток как бы скользит по склону гряды, при этом сам склон сложен из несвязных частиц и интенсивно размывается под действием потока. Размыв склона гряды происходит до тех пор, пока он не примет форму очертания свободной струи совершенного водослива [3]. Это происходит при условии, что скорость движения воды по склону гряды больше размывающей скорости для частиц песка, из которых эта гряда сложена. Продолжая рассматривать склон гряды как водослив практического профиля, можно сделать вывод о том, что в нижней части склона струя воды будет вести себя как на выходе с водослива [4]. Соответственно, в нижней части склона гряды поток воды будет обладать повышенной кинетической энергией, это приводит к интенсивному размыву как поверхности между грядами, так и нижней части расположенного вверх по течению откоса следующей гряды. При этом в подвалье между грядами образуется водоворотная зона, на образование которой тратится большая часть кинетической энергии потока [1]. Эта водоворотная зона способствует интенсивному размыву и взвешиванию частиц, которые затем перемещаются вместе с потоком на гребень следующей гряды и, в зависимости от их размеров, либо уносятся дальше, либо, откладываясь в верхней части гряды, способствуют росту последней. По мере увеличения высоты антидюн происходит увеличение площади соприкосновения дна и потока воды, в результате чего слой крупных час-



тиц уменьшается, наконец, происходит «вторжение» струи в слой отложений, в котором содержание крупных частиц незначительно. Скорость размыва резко возрастает, размеры гряд быстро увеличиваются. Всё это происходит до тех пор, пока струя не выйдет на уровень шероховатости русла в естественном состоянии. Деформация переднего склона гряды приводит к опрокидыванию волны, что приводит к резкому увеличению перемешивания и взвешиванию большей части наносов и их перенос на нижерасположенные участки. После выхода нисходящей струи на уровень бытовой шероховатости русла начинается разрушение наиболее низко расположенной по течению гряды. К моменту окончательного разрушения нижней гряды, начинается процесс разрушения следующей гряды и т.д. В результате все антидюны на участке разрушаются, наносы перемещаются в основном во взвешенном состоянии вниз по течению, где аккумулируются, после чего процесс повторяется.

Описанный процесс позволяет реке избавиться от большого количества наносов за короткий промежуток времени. Действительно, на равнинных реках скорости перемещения донных наносов находятся в прямой зависимости от скорости перемещения гряд, которая определяется значениями от первых сотен метров до первых километров в год. В нашем случае разрушение антидюн приводит к тому, что наносы, из которых состоят гряды, переходят во взвешенное состояние и перемещаются вниз по руслу со скоростью, близкой к скорости течения реки. Дальность такого перемещения определяется гидравлической крупностью каждой фракции наносов. Это и позволяет двигаться всему песчано-гравелистому массиву со скоростью 2,5...3 см/с или около 2,5 км /сут.

Автор приносит благодарность Б.С. Степанову за оказанную помощь и конструктивные предложения, высказанные им в процессе подготовки настоящей статьи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмедов Т.Х. Размыв скального русла. - Алма-Ата: Изд-во Наука Казахской ССР, 1982. - 108 с.
2. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 455 с.
3. Богомолов А.И. Михайлов К.А. Гидравлика. - М.: Строиздат, 1972. - 648 с.
4. Векслер А.Б. Гидравлические расчеты водосбросных гидротехнических сооружений. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 624с.

5. Коган Л.Д., Углов В.П. Формы транспорта и расход наносов: Гидрофизические процессы в реках и водохранилищах. - М.: Наука, 1985. - С. 131-136.
6. Маковеев Н.И., Чалов Р.С. Эрозионные процессы. - М.: «Мысль» 1984. - 256 с.
7. Мочалов В.П., Ким А.К., Хайдаров А.Х. Результаты эксперимента «Чемолган – 91» // Селевые потоки. - М.: Гидрометеиздат, 1992. - № 12. - С. 101 – 109.
8. Светляков Е.И. Постселевые явления в русле р. Чемолган 12-22 сентября 1991 г. // Селевые потоки – М.: Гидрометеиздат, 1992. - № 12. - С. 110-112.
9. Степанов Б.С. Об особенностях переноса песчаных массивов водными потоками в постселевой период // Селевые потоки. - М.: Гидрометеиздат, 1992. - №. 12. - С. 113-116.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

## **СЕЛДЕН СОҢҒЫ КЕЗЕНДЕ ТАУ ӨЗЕНДЕРІНДЕГІ ҚОҚЫСТАРДЫҢ КӨШУІ**

Э.А.Түрсүнов

*Сел өткеннен соң өзен арнасында пайда болатын құм-  
тасты ірі массивтердің көшуі механизмдері қарастырылған.*

УДК 528.912:631.459.43

**О СЕЛЕВОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ**

А.Х. Хайдаров

*Дается краткий обзор истории селевого картографирования. Излагаются взгляды на эту проблему, выработанные КазНИИМОСК в последние годы.*

Теории селевого картографирования уделяли внимание в своих работах Флейшман С.М. [19], Шeko А.И. [23], Мочалов В.П. [8] и другие авторы. На базе этих теорий строились карты районирования территории по степени селевой опасности. Основой легенд селевых карт служат классификации селевых явлений, коих столько же, сколько авторов затрагивало эту большую тему. Существуют классификации по географическому положению, морфометрическим характеристикам селевых бассейнов, типам селевых очагов, генетическим признакам селей, источникам питания твердой и жидкой составляющей селей и так далее. В системе бывшего Госкомгидромета СССР использовалась классификационная схема селепроявлений, предложенная Ю.Б. Виноградовым в 1969 году и впоследствии усовершенствованная им и его последователями [2, 3, 20].

Назначение селевых карт может быть самым различным – от решения научно – прикладных задач селеведения до использования при проектировании мероприятий по борьбе с селями и в связи с размещением хозяйственных и иных объектов на территориях, подверженных селевой опасности. Одним из важных назначений селевых карт является использование их в качестве пространственного прогноза селей.

Картированию, в связи с решением научно – прикладных задач селеведения, могут быть подвергнуты: селевые потоки с обозначением их генезиса; типы селевых процессов; селевые бассейны и их элементы (границы, подстилающие поверхности, селевые врезы, рывины, поля и конусы выноса и т.д.), а также физико-механические свойства селеформирующих грунтов и грунтов селевых отложений. Картографируются показатели селеопасности с обозначением типов селей и источников их водного питания, сопутствующие элементы (литологические комплексы коренных пород и

четвертичных отложений, гидрографическая сеть, глубинное расчленение рельефа) и другие элементы в зависимости от назначения и масштаба карты.

Исторически сложилось так, что первыми селевыми картами, выполненными на единой методической основе, были мелкомасштабные карты, составленные по литературным источникам, результатам опроса организаций и частных лиц, анализа аэрофотоснимков и природоведческих карт (геологических, геоморфологических, тектонических, климатических и т.д.). И лишь по отдельным районам имелись натурные обследования. Отрывочные и недостоверные литературные и опросные данные, практическое отсутствие полевых исследований делает эти карты недостаточно достоверными, они не могут быть использованы в иных целях, кроме учебных. Логичнее и правильнее было бы на основе, главным образом, натурных обследований и дешифрирования аэрофотоснимков, с привлечением всех других имеющихся источников информации, составлять крупномасштабные карты, и путем тщательной и продуманной генерализации строить среднемасштабные и только затем обзорные карты. На это еще в 1989 году указали авторы статьи «О принципах селевого картографирования» [8]. К сожалению, это скорее «протокол о намерениях», чем свершившийся факт.

До шестидесятых годов 20 века картирование селевых явлений проводилось отдельными исследователями и носило эпизодический характер, отсутствовали единые принципы классификации селевых явлений и селевых объектов, а, следовательно, и единые подходы к составлению легенд селевых карт. Широкое картографирование селевых явлений началось в 1961 – 65 годах созданием региональных карт распространения селей республиканскими управлениями гидрометслужбы. На их основе первая карта–схема селеопасных районов СССР масштаба 1:1 000 000 была составлена И.О. Раушенбахом в Казахском научно –исследовательском гидрометеорологическом институте (КазНИГМИ) и издана в 1966 году [5]. Карта–схема содержала сведения о селеопасных реках, классифицированных по типам и генезису селей. По типам были выделены грязекаменные сели, водокаменные (наносоводные в современном понимании) сели, грязевые сели, сели неустановленного типа. По генезису – ливневые, не ливневые. Затем появляется карта селеопасных районов РСФСР, составленная в 1967 году Проблемной лабораторией снежных лавин и селей географического факультета МГУ (Флейшман С.М., Перов В.Ф.). Этой же лабораторией составлена и карта селеопасных районов СССР (1973 –1974 годы).

На этих мелкомасштабных (1:1 000 000; 1:8 000 000) обзорных картах обобщенными контурами показаны «горные селеопасные районы», в пределах которых выделены территории (цветным фоном) четырех степеней селеопасности (значительная, средняя, слабая, потенциальная). Критерием отнесения территории к той или иной степени селеопасности является густота селевых русел. Кроме того, районы с одинаковой степенью селеопасности разделены на группы по высотному положению зон (высокогорные, среднегорные, низкогорные). Авторы считали, что таким образом можно учесть «возможную мощность селя». Кроме того, учитывались сведения о повторяемости селей, объемах выносов. В случае отсутствия таких данных использовался метод косвенной оценки. Штриховкой на карте обозначены типы водного питания селей: дождевые, весеннего снеготаяния, гляциальные, смешанного питания, вулканогенные [19].

Перечисленные принципы оценки селеопасности территорий не лишены существенных недостатков. Так, например, показатель густоты селевых русел не учитывает особенностей формирования грязекаменных потоков, поскольку для их зарождения наиболее существенными факторами являются: морфометрия селевых очагов, физико – механические характеристики грунтов, слагающих очаги, и условия их обводнения. Не учитываются также такие показатели селевых русел, как уклон, критические значения водных расходов, срывающих самоотмостку русел, гранулометрический состав селеформирующих грунтов и селевых отложений [21].

Эти и другие недостатки перечисленных обзорных карт были приняты во внимание при разработке макета и легенды обзорной карты селевых районов СССР в масштабе 1:1 000 000, выполненных в КазНИГМИ (Р.В. Хонин, В.П. Мочалов, К.Л. Кузнецов). После ряда модернизаций единая легенда карты включила в себя следующие элементы:

- гидрографическую сеть, представленную в объеме карты масштаба 1 : 2 500 000;
- общегеографическую нагрузку, соответствующую нагрузке карты масштаба 1 : 2 500 000;
- степень селеопасности территорий;
- генезис водной составляющей;
- тип селевых потоков.

В основу принципов районирования территории по степени селеопасности положен анализ имеющихся сведений о количественных характеристиках селевых потоков (объем, максимальный расход, плотность

смеси), характеристик паводков (объем, максимальный расход), являющихся водной составляющей селевых потоков. При их отсутствии указанные характеристики рассчитывались по существующим методикам [10, 12, 13, 14, 16], а также привлекаются косвенные показатели селевой опасности. Длинный перечень этих показателей и методы их расчета приведены в статье [7]. Из 73 показателей практическое применение в разработке этой карты нашли: длина очагов, площадь водосбора, суточный слой осадков, коэффициент фильтрации, коэффициент стока (табл.), получаемые с помощью сплошного дешифрирования аэрофотоснимков, аэровизуальных наблюдений, наземных обследований и лабораторных испытаний грунтов.

Главным критерием селеопасности для грязекаменных потоков является объем выноса селевой смеси за один сель, а для наносоводных потоков — максимальный расход. В табл. приведены основные и косвенные показатели для районирования селевых бассейнов по категориям селеопасности. Показатели расположены в порядке предпочтительности их использования. Коэффициент фильтрации применяется при оценке селеопасности эродированных поверхностей (адыров).

При определении границ и площадей селевых бассейнов, установлении местоположения и границ их элементов рекомендуется использовать картографический материал масштаба 1:100 000 с последующей генерализацией информации при нанесении на специально разработанную топооснову. При этом оговариваются правила установления местоположения на картографическом материале границ бассейнов и их элементов [8]. На карту желательно наносить изолинии суточных сумм жидких осадков 1% обеспеченности по следующей градации: 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300 мм. На рис. 1 приведен фрагмент карты и ее легенда.

Ливневой генезис на картах не отмечается, как занимающий главенствующее положение в иерархии водных составляющих. Он действует везде, где не стоят значки других генетических типов селей. Особо важные объекты, на которых проводились специализированные обследования, могут быть нанесены на специальных врезках масштаба 1:100 000...1:25 000. На врезках отражаются селевые очаги, водосборы селевых очагов, селевые русла, конусы и поля выносов, типы стокообразующих поверхностей в пределах водосборов.

Таблица

## Критерии районирования селевых бассейнов по категориям селеопасности

Категория селеопасности	Тип селевого потока	Тип селевого очага	L, км S, км <sup>2</sup>	Q, м <sup>3</sup> /с V, м <sup>3</sup>	Обеспеченность жидкими осадками (мм) и другими видами обводнения	f <sub>0</sub> , мм/мин	Коэфф-т стока
I	ГК	крупные врезы	L ≥ 3	Q ≥ 1000 V ≥ 1·10 <sup>6</sup>	высокие значения Н <sub>1%</sub> , прорыв моренных и внутриледниковых емкостей		
	Н	адыры и другие стокообразующие поверхности	S ≥ 250	Q ≥ 250	Н <sub>1%</sub> ≥ 100	< 0,01	> 0,75
II	ГК	селевые врезы средних размеров и селевые рытвины	Врез L = 3-1	Q = 1000-100 V = 1·10 <sup>6</sup> -1·10 <sup>5</sup>	меньшие значения Н <sub>1%</sub> , слабая потенциальная возможность прорыва водоемов		
	Н	меньшая эродированность склонов, лучшее развитие растительности	Рытвина L = 3-1,5 S = 250-100	Q = 250-100	Н <sub>1%</sub> = 100-75	0,01 - 0,05	0,75 - 0,50
III	ГК	мелкие формы очагов	Врез L = 1-0,5	Q = 100-10 V = 1·10 <sup>5</sup> -1·10 <sup>4</sup>			

Категория селеопасности	Тип селевого потока	Тип селевого очага	$L$ , км $S$ , км <sup>2</sup>	$Q$ , м <sup>3</sup> /с $V$ , м <sup>3</sup>	Обеспеченность жидкими осадками (мм) и другими видами обводнения	$f_0$ , мм/мин	Кэфф-т стока
	Н	мелкие формы очагов	Рытвина $L = 2-1$ $S = 100-10$	$Q = 100-10$	$H_{1\%} = 75-100$	0,05-0,10	0,5-0,25
IV	ГК	мелкие формы очагов	Рытвина $L < 0,5$	$Q \leq 10$ $V \leq 1 \cdot 10^4$			
	II	мелкие формы очагов		$Q < 10$	$H_{1\%} < 50$	>0,10	≤0,25

*Примечание:* ГК - грязекаменный,  $\rho > 1800$  ( $\rho$  - плотность в кг/м<sup>3</sup>); II - наносоводный,  $\rho = 1100-1800$ ;  $L$  - длина очага;  $S$  - площадь водосбора;  $Q$  - максимальный расход селея;  $V$  - объем селея;  $f_0$  - коэффициент фильтрации;  $H_{1\%}$  - суточный слой осадков 1% обеспеченности.



Также отмечаются места определения физико-механических свойств селеформирующих грунтов и грунтов селевых отложений, приводятся кривые их полного или усеченного гранулометрического состава. Указываются морфометрические характеристики селевых очагов (длина, максимальная ширина, максимальная глубина, уклоны тальвега очага и поверхностей водосборов), а также сведения о повторяемости селевых явлений. На врезках используются условные знаки для рабочих карт и топопланов (см. ниже).



Рис. 1. Фрагмент карты селевой опасности СССР. Масштаб 1:1 000 000.

Мы остановились столь подробно на описании именно этой единой методической основы, потому что на ней к настоящему времени построены карты селевой опасности миллионного масштаба практически для всех селеопасных территорий бывшего СССР. Эта огромная работа проведена

региональными управлениями гидрометслужбы под методическим руководством КазНИГМИ. К сожалению, эти карты не были своевременно опубликованы.

Пользуясь этими же принципами районирования территорий на которых распространены селевые явления и легендой с небольшими изменениями, вызванными спецификой генерализации, в КазНИГМИ была создана обзорная карта селепроявлений в горных районах северного полушария Земли масштаба 1:8 000 000. Таким образом был графически обобщен и систематизирован обширный фактический материал, собранный КазНИГМИ при изучении иностранной литературы о селевых явлениях [22].

Рассмотренная методика не свободна от крупных недостатков. Одним из главных недостатков является общепринятая практика закрашивать всю территорию, на которой наблюдаются селевые явления, включая водосборные площади, в цвета, соответствующие той или иной степени селеопасности. Известно, что селевые явления в Казахстане в основном являются русловыми процессами. Если под селевой опасностью понимать потенциальную возможность взаимодействия селей или процессов, провоцируемых ими (обрушение берегов, оползни и т.д.) с объектами хозяйственной деятельности, влекущую за собой прямые и косвенные убытки и представляющую угрозу здоровью и жизни человека, то сплошная закрашка территорий дезинформирует потребителя. Она заставляет с настороженностью относиться к площадям, пригодным для пашни, пастбищ, лесосадов, строительства, прокладки дорог и коммуникаций и совершенно безопасным в селевом отношении.

Другим крупным недостатком методики является невозможность изобразить в масштабе практически все элементы рельефа, причастные к селевым явлениям. Например, типичные размеры наиболее крупных селевых объектов, таких как селевые впадины (длина 500...1000 м, ширина 100...200 м) в масштабе карты составят: длина 0,5...1 мм, ширина 0,1...0,2 мм. Широкое применение немасштабных знаков в данной ситуации неизбежно, а их размеры на порядок и более превосходят реальные размеры объектов в масштабе карты. Еще одним существенным недостатком обсуждаемой методики является назначение степени селеопасности по отдельным, разрозненным показателям.

В настоящее время имеется возможность рассчитывать характеристики как грязекаменных, так и наносоводных селевых потоков и опреде-

лять степень селеопасности на основе комплексного использования многих показателей, применяя для этих целей модель Степанова Б.С. [17]. При этом основные морфометрические характеристики, задействованные в модели (длины участков селевого русла, их продольные уклоны, ширина по дну, угол наклона склонов), при отсутствии натуральных измерений можно считывать с карты. Кроме того, в модели используются: полный гранулометрический состав грунтов, пористость, влажность в естественном залегании, пластичность. Солидный объем этих характеристик накоплен трудами Комплексной селевой экспедиции КазНИГМИ практически для всех горных систем Советского Союза. В 1989 г вышла в свет «Карта фоновой оценки селеопасности территории Казахской ССР» (Кологиллин Н.Ф., Медеуов А., Татькова Н.А., Рындина В.Р., Попов Н.В.), масштаб 1:1 000 000, достоинства и недостатки которой рассмотрены в статье «О проблеме мелкомасштабного картографирования селевых явлений» [18].

Последней картой масштаба 1:1 000 000 была вышедшая из печати в 1996 году на 3 листах карта «Селевая опасность территории Республики Казахстан». В легенде карты и аннотации, напечатанной на каждом листе, сделана попытка, хотя бы частично исправить недостатки описанной выше методики. В частности, в краткой аннотации обосновываются некоторые условные знаки новой легенды, и особо подчеркивается, что зоны, подверженные разрушительному воздействию селей, составляют (без учета площадей конусов выноса) менее 10 %, а остальная закрашенная на карте площадь не селеопасна, а являет собой водосборы селевых бассейнов соответствующей категории опасности. На рис. 2 представлена легенда этой карты без условных обозначений общегеографической нагрузки. Кроме того, на листах карты приводятся сведения о прошедших селях и селеопасных озерах.

Обобщив опыт разработки карт селеопасности масштабов 1:1 000 000 и мельче, мы пришли к выводу, что практическая польза от таких карт не оправдывает усилий, затраченных на их создание. Они могут использоваться только в учебных целях, например, иллюстрировать распространение селевых явлений на континенте, в отдельной стране, в крупном регионе.

Наиболее приемлемым для обзорных карт селеопасности следует признать масштаб 1:200 000. Хотя количество листов карты при этом возрастает, но общее их число для всех горных территорий не так уж велико. Скажем, весь хребет Заилийский Алатау умещается на трех листах. Зато преимущества масштаба 1:200 000 перед масштабами 1:1 000 000 и мельче при картировании селевых объектов неоспоримы. Он позволяет изобра-

жать в масштабе крупные селевые врезы, значительную часть селевых русел, поля и конусы выноса, прорывоопасные водоемы, крупные селезащитные объекты. Также в масштабе могут быть показаны экзогенные геологические процессы, влияющие на зарождение и ход селевых потоков (оползание, осыпание, переувлажнение массивов грунтов и т.д.). Внемасштабные знаки селевых объектов, мест отбора проб и других видов работ достаточно точно привязываются к местности и не перекрывают собой значительную часть ее изображения на карте. Таким образом, появляется возможность реально отразить степень селевой опасности и дифференцировать ее в пределах селевого бассейна, и что, особенно важно, дифференцировать по степени селеопасности конусы выноса, как территории, наиболее уязвимые для крупных селей и наиболее освоенные.

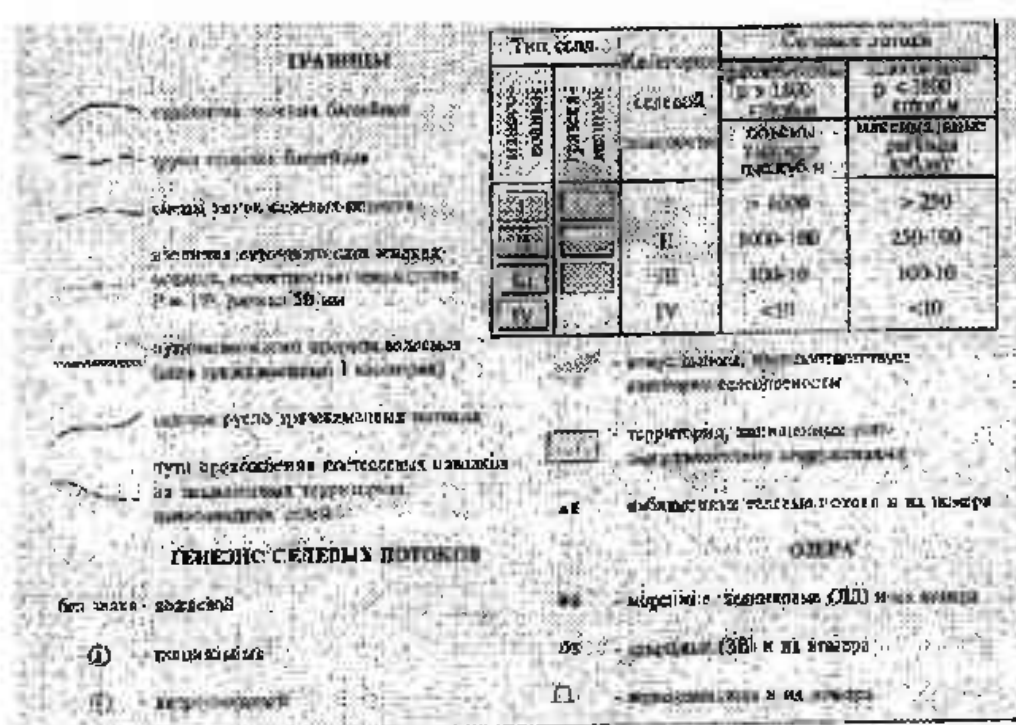


Рис. 2. Легенда карты селевой опасности Республики Казахстан.

Как известно, селевые потоки по мере движения от мест зарождения к зонам отложения наносов меняют свои характеристики. Для мощных селей дождевого генезиса характерно, что вода притоков, впадающих в русло, где имеет место селеформирование, по мере движения к конусу выноса трансформируется в селевую смесь. Поэтому расходные и объемные характеристики этих селей постоянно нарастают.

Более сложно протекают процессы при прорыве емкостей моренно-ледниковых комплексов. На пути прорывного паводка, возникшего при разрушении перемычки между двумя моренными озерами на леднике Центральный Тулюксу в 1973 году оказались: конец языка ледника его современная ко-

печная морена с крутыми уклонами продольного профиля и троговая долина, замыкающаяся габрионной плотиной. Большой расход воды, незначительная длина морены с ограниченным запасом рыхлообломочных отложений и небольшим содержанием пылевато-глинистых фракций в них, а также малый продольный уклон троговой долины привели к тому, что к габрионной плотине селевая смесь распалась и поток практически осветлился.

Прорвавший плотину водный поток попал на большие уклоны (до  $20^\circ$ ) и, взаимодействуя с моренными отложениями среднечетвертичного возраста, сформировал селя с плотностью до  $2300 \text{ кг/м}^3$  в районе ворот Туюксу. Далее поток только наращивал свою мощь, вовлекая в процесс аллювиально-пролювиальные и склоновые отложения, приуроченные к днищу долины и ее бортам. К моменту входа в селехранилище Медое смесь имела плотность около  $2380 \text{ кг/м}^3$ . Большую роль в изменении характеристик потока сыграли участки русла, приуроченные к водонасыщенным моренным и склоновым отложениям, например, устьевые части притоков, в частности, Чертова Ущелья.

Отражение на карте перечисленных и иных особенностей формирования селей, трансформации их характеристик в значительной мере способствовали бы оптимизации селезащитных мероприятий, планируемых в селевых бассейнах.

Так, габрионная плотина Мынжилки в верховьях Малой Алматинки предотвращает селеобразование в нижележащей долине в случае полного задержания прорывного паводка и значительно (на величину удесятеренной емкости водохранилища) снижает объем селя в противном случае. Плотина, возведенная на этом же месте для задержания грязекаменного селя, который может сформироваться при прорыве озера на леднике Маншук Маметовой окажется дорогой из-за высокой стоимости строительных работ в условиях высокогорья и необходимых дальнейших эксплуатационных затрат. Экономически эффективнее более дешевое превентивное опорожнение озера.

Другой пример отражения на карте особенностей формирования селей — наносоводные сели. Они являются ярко выраженными русловыми процессами. Наносоводный селя перемещает влекомые и взвешенные наносы. Их концентрация в потоке, в случае нелимитированного объема селеформирующих пород, зависит от энергетических возможностей потока и гранулометрического состава перемещаемых частиц. Изменение уклона русла может приводить к существенному изменению характеристик селя.

Он может трансформироваться в водный поток или в грязекаменный сель и наоборот. На карте все это можно отразить введением условных знаков, расположенных в зонах, приуроченных к руслам, например знаком смены типа потока. Вся остальная территория зоны развития наносоводных селей, представляющая водосборные поверхности, не является селеопасной.

Таким образом, карта масштаба 1:200 000 должна, во-первых, отражать реальную селевую опасность для конкретных, подверженных воздействию селей территорий. Во-вторых, нести столько полезной нагрузки, чтобы быть легко читаемой и, в то же время, не превращенной в иллюстрацию к толстому тому аннотаций. Всю полезную информацию необходимо располагать на листе карты, в том числе и очень краткую аннотацию. В третьих, карта должна служить основой для пространственного прогнозирования селей, расчета характеристик селевых потоков. В четвертых, быть полезной специалистам в области природоведения и хозяйственным руководителям разного ранга.

Всю необходимую, для более полного представления об основной нагрузке карты, дополнительную информацию лучше размещать в приложениях, коими могут быть инженерно-геологические, гидрогеологические, почвенно-геоботанические и другие карты, табличные приложения физико-механических свойств грунтов, сведения о прошедших селях, морфометрические характеристики селеопасных озер, селевых врезов и т.д. (если они не поместились на листе основной карты). Вышесказанное относится к селевым картам любых масштабов.

Чтобы снизить общегеографическую нагрузку, карту нужно строить на специальной топооснове, благо в этой области есть хороший опыт с картами миллионного масштаба. В частности, для создания её топоосновы с топографической карты масштаба 200 000 нужно удалить промежуточные горизонталы и оставить только основные, убрать условные знаки лесов и кустарников, «лишние» географические названия. Сделать «прозрачными», т.е. обведенными тонкими контурами, без заливки, условные знаки поселков и так далее, сделав все возможное для того, чтобы основная нагрузка читалась легко.

На картах селевой опасности масштаба 1:200 000 кроме общегеографической нагрузки должны быть нанесены: границы селевых бассейнов; границы частных селевых бассейнов; селевые врезы, рытвины, селеопасные русла и поймы в масштабе, а где это невозможно – внемасштабными знаками. Также следует показать оползни, осыпи, готовые к обру-

шению в селевое русло массивы грунтов, массивы переувлажненных грунтов и другие объекты, непосредственно контактирующие с селевыми врезами, рывтинами, руслами, места возможного подпора основного водотока боковыми выбросами селей.

Специальными знаками или цветом следует обозначить категории селеопасности. Площади водосборов селевых бассейнов нужно расчленить по типам подстилающих поверхностей (укрупненно) – скалы, ледники, осыпи, древние морены, современные морены, лесные массивы и т. д. С расшифровкой гранулометрического состава отложений, петрографического состава обломков и обозначением коэффициента стока там, где он определялся. Особое внимание следует уделять конусам выноса, как территориям, на которых ущерб от воздействия селей особенно ощутим. Конусы выноса необходимо обследовать полевыми методами и четко дифференцировать по категориям селеопасности. Кроме перечисленных данных и данных об особенностях селеформирования, на которые было обращено внимание выше, в процессе работы над картой может возникнуть потребность в картировании и других объектов, явлений или процессов, представляющих интерес с точки зрения селеведения.

Все вышесказанное о карте масштаба 1:200 000 относится и к карте масштаба 1:100 000. Естественно, последняя отличается большими возможностями детализации. Вообще, чем крупнее масштаб карты, тем она ценнее, так как селевые объекты имеют, как правило, небольшие линейные размеры и изображенные в масштабе карты, они дают более полную и ясную общую картину, чем изображенные внемасштабными знаками.

Карта масштаба 1:50 000 дает возможность анализа селевой ситуации в отдельно взятом бассейне. На рис 3' представлена карта-схема прогноза состояния подстилающих поверхностей и развития селевых очагов бассейна реки Малая Алматинка при глобальном повышении температуры воздуха на 2–3 °С. Дано современное состояние и прогностическое. (КазНИИМОСК, 2000 г.) [9].

В масштабах 1:25 000 и крупнее строятся рабочие карты и топопланы, с которых, собственно, и начинается селевое картографирование. При картировании в масштабе 1:25 000 чаще всего используется метод подобия рельефа на картах и аэрофотоснимках. Следуя идентичным на аэрофотоснимках и топографической карте формам рельефа и гидрографической сети, производится рисовка контуров и элементов селевых объектов. При использовании более крупных масштабов производятся непосредственные измерения на аэрофотоснимках с помощью специальных приемов [1, 11].



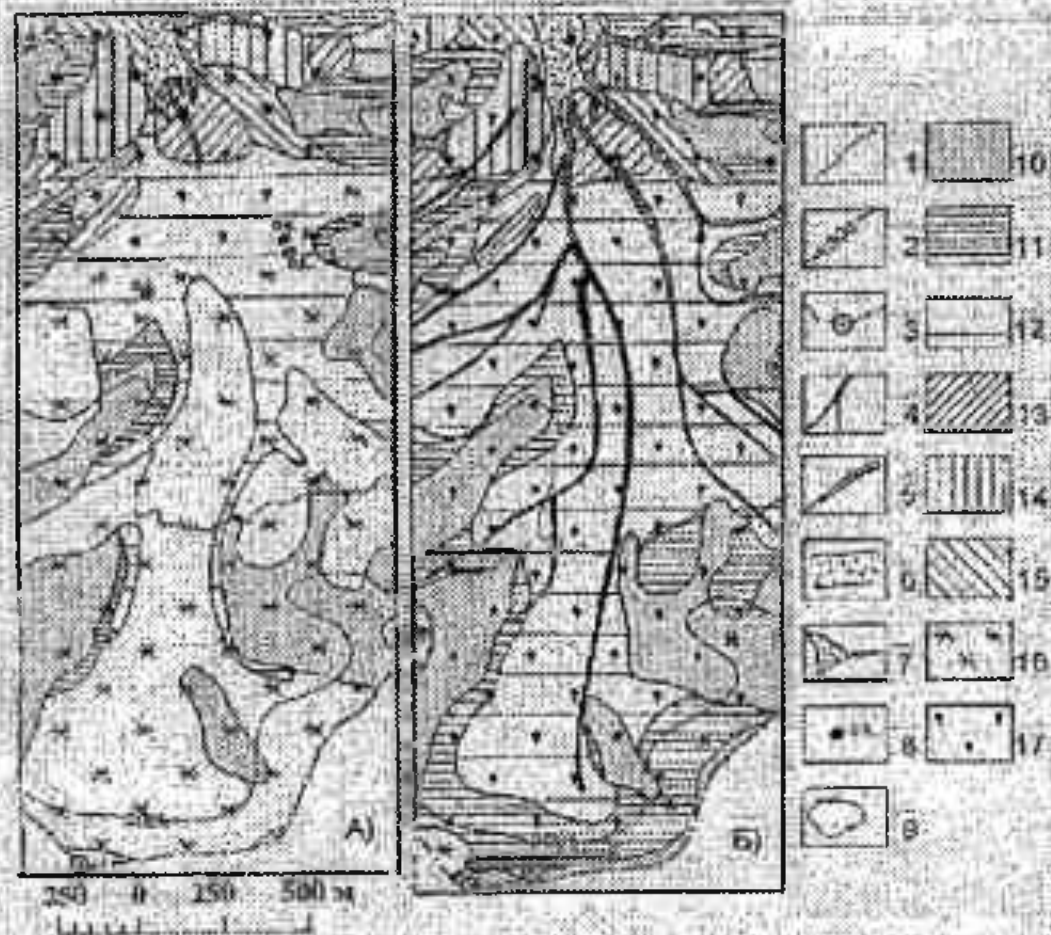


Рис. 3. Фрагменты карты-схемы подстилающих поверхностей и очагов селеобразования бассейна р. М. Алматинка.

А) - Современных; Б) - при глобальном повышении температуры воздуха на 2 – 3 °С. 1 – водоразделы, 2 – горизонтали с высотными отметками, 3 – пики, 4 – селевые рытвины, 5 – селевые врезы, 6 – поля выноса селевых отложений, 7 – конусы выноса, 8 – озера, в том числе селеопасные, 9 – границы подстилающих поверхностей, 10 – выходы коренных пород, 11 – незадернованные элювиально-делювиальные и гравитационные отложения, 12 – незадернованные современные морены, 13 – слабо задернованные морены, 14 – задернованные древние морены, 15 – задернованные элювиально-делювиальные отложения, 16 – зона выпадения осадков в твердом виде, 17 – зона выпадения жидких стокообразующих осадков 2 % обеспеченности.

Кроме этого привлекается планово-высотная съемка элементов селевых бассейнов, съемка по продольным и поперечным профилям селевых очагов и селевых русел для определения уклонов, наземное фотографирование склонов селевых бассейнов для более точного выявления границ подстилающих



поверхностей, определения гранулометрического состава селеформирующих пород и селевых отложений фотометодом. На рабочие карты и топопланы наносятся: гидрографическая сеть, селевые очаги (с запасами рыхлообломочного материала); подстилающие поверхности: ледники, выходы коренных пород, современные морены, древние морены, незадернованные элювиально-делювиальные и гравитационные отложения, задернованные элювиально-делювиальные отложения, лесные массивы. Показываются озера и водохранилища, поля и конусы выноса, места проявления современных экзогенных процессов, влияющих на селеформирование (оползни, осыпи, обводнение массивов пород и т.д.). Показываются также хозяйственные объекты, находящиеся в зоне воздействия селей, противоселевые сооружения. Дается информация о проведенных на территории исследованиях: местоположение шурфов, закопшек, мест применения фотометода для определения полного гранулометрического состава грунтов, пунктов стационарных наблюдений, а также прочая информация, отражающая задачи исследований.

После нанесения всех полученных данных на топооснову с привязкой высотных отметок к Государственной геодезической сети, рабочие карты и топопланы трансформируются в крупномасштабную карту, служащую основой для построения всех специальных карт более мелкого масштаба. При этом используются принципы генерализации, подробно описанные в соответствующих руководствах [4, 8, 15]. Следует отметить, если легенды основаны на единых принципах классификации селевых объектов и явлений, то их обобщение легко осуществимо. На рис. 4 представлен образец рабочей карты верховьев реки Малой Алматинки в масштабе 1:25 000. Приведены также условные знаки для рабочих карт крупных масштабов (без общепринятых).

При полевом картировании удобно пользоваться условными знаками подстилающих поверхностей, при камеральной обработке их лучше заменить цветом, чтобы избавиться от пестроты рисунка.

Подводя итог нашим рассуждениям о картографировании селевых явлений, отметим большое разнообразие требуемых селевых карт, выбор масштаба которых зависит от целей и задач, поставленных разработчиками — от чисто научных до чисто практических. Здесь специалистов ожидает широкое поле деятельности, так как к настоящему времени не существует системы планомерного селевого картографирования горных территорий.

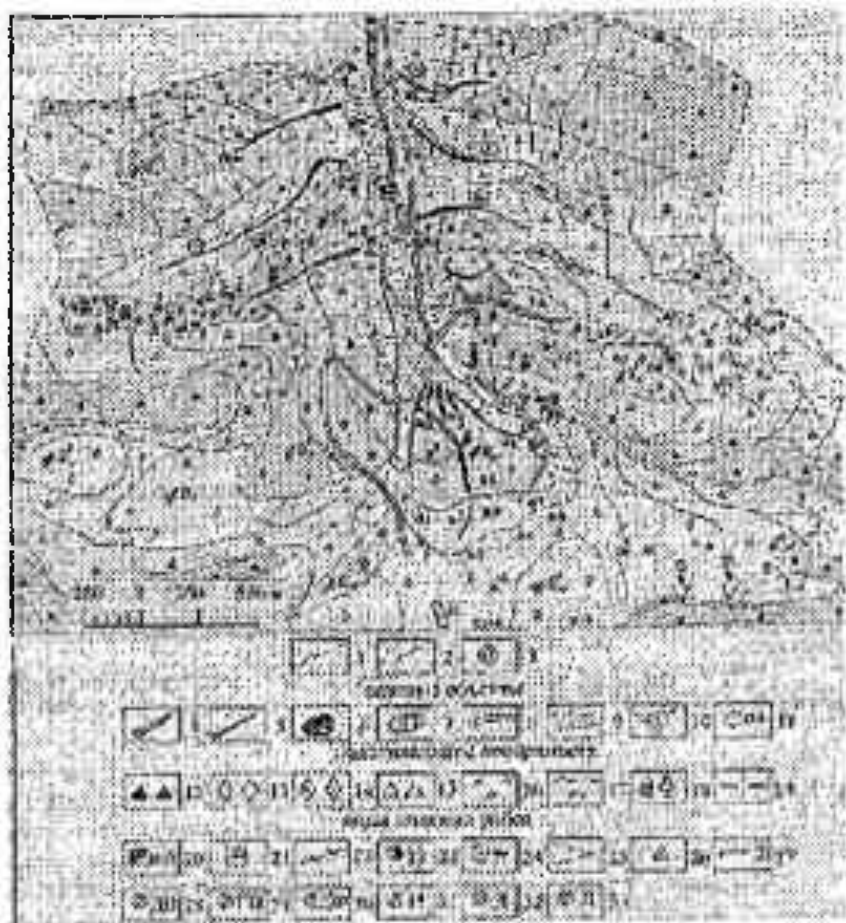


Рис. 4. Рабочая карта верхьев р. М. Алматинка и условные знаки рабочих карт.

1 – водоразделы, 2 – границы подстилающих поверхностей, 3 – номер селевого очага, 4 – селевые врезы, 5 – селевые рывтины, 6 – очаги рассредоточенного селеобразования, 7 – эродированные селевые бассейны, 8 – селевые русла, 9 – поля выноса селевых отложений, 10 – конусы выноса, 11 – селеопасные озера, 12 – выходы коренных пород, 13 – современные морены, 14 – древние морены, 15 – незадернованные элювиально-делювиальные и гравитационные отложения, 16 – задернованные элювиально-делювиальные отложения, 17 – стланник, 18 – лесные массивы, 19 – ледники, 20 – шурф и его номер, 21 – площадки определения гранулометрического состава грунта с помощью сетки или фотометодом, 22 – расчистка для определения мощности и грансостава склоновых отложений, 23 – закопунка для отбора проб грунта с диаметром частиц менее 20 миллиметров, 24 – точка, из которой производилась фотосъемка и ракурс снимка, 25 – фотосъемка осыпных комплексов, 26 – стоянка теодолита (станция), 27 – поперечный профиль и его номер, 28 – пункты наблюдений за динамикой влажности, 29 – пункты наблюдений за глубиной протаивания грунтов, 30 – пункты наблюдений за деформациями в селеформирую-

*щих грунтах, 31 – пункты определения инфильтрационного параметра грунта и наименьшей (полевой) влагоемкости, 32 – пункты определения возраста отложений дендрохронологическим методом, 33 – пункты определения возраста отложений лишенометрическим методом.*

Совершенствование картографирования селевых явлений связано с повышением количества и качества получаемой информации, совершенствованием существующих методов расчета вероятностных характеристик селей и разработкой новых (в частности для водоснежных селей [6]), преодолением ведомственной разобщенности, унификации легенд селевых карт путем создания методического руководства по составлению селевых карт различного назначения и масштаба.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов Л.А. Дешифрирование аэрофотоснимков. - М.: Недра, 1976.-145 с.
2. Вардугин В.Н., Пушкаренко В.П. Роль экзогенных геологических процессов и формирование селей. - В кн.: Проблемы взаимосвязи экзогенных геологических процессов. - Ташкент, 1983. - С. 76-84.
3. Виноградов Ю.Б. Классификация селевых явлений // Селевые потоки.- 1980. - № 4. - С. 46-51.
4. Геоморфологическое картирование. Учебное пособие для студентов географов и геоморфологов. – М.: Высшая школа, 1977. - 375 с.
5. Карта-схема селеопасных районов СССР. – ГУГМС при СМ СССР, КазНИГМИ. – Алма-Ата, 1966. – 32 с.
6. Ким А.К., Степанов Б.С. К проблеме изучения и прогноза водоснежных селей // Селевые потоки – 1992. – № 12. – С. 45-52.
7. Мочалов В.П., Калашникова Е.Н. Косвенные показатели селеопасности территории // Селевые потоки. – 1988. – № 10. – С.133-149.
8. Мочалов В.П., Кузнецов К.Л., Калашникова Е.Н. О принципах селевого картографирования. // Селевые потоки. – 1989. – № 11. – С. 82-94.
9. Оценка воздействий изменения климата и мер адаптации для прибрежной зоны Каспийского моря и горных районов Южного и Юго-Восточного Казахстана. Алматы: КазНИИМОСК, 2000. – 49 с.
10. Попов Н.В. Исследование озер гляциальной зоны юго-востока Казахстана с целью оценки возможности их прорывов и мониторинга селеопасности. Дисс. на соискание уч. степени к.г.н. – Алма-Ата, 1986. – 223 с.

11. Ревзон А.Л., Садов А.В., Бурлещин Н.И. Аэрокосмические методы изучения экзогенных рельефообразующих процессов в инженерных целях. // Вопросы географии. – М., 1979. – № 111. – С. 103-109.
12. Рекомендации по проектированию противоселевых защитных сооружений. – М.: ФОЛ Гидропроекта, 1985. – 110 с.
13. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.13. Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 645 с.
14. Руководство селестоковым станциям и гидрографическим партиям. Вып.1. Организация и проведение работ по изучению селей. РД.52.30.238-89.-М.: Гидрометеиздат, 1990. – 198 с.
15. Салищев К.А. Картография. - М.: Высшая школа, 1982. – 272 с.
16. СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик».
17. Степанов Б.С., Степанова Т.С. Механика селей. – М.: Гидрометеиздат, 1991. – 379 с.
18. Степанов Б.С., Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К. О проблеме мелкомасштабного картографирования селевых явлений // Гидрометеорология и экология. – 1996. - №3. – С. 124 – 140.
19. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1970. – 352 с.
20. Хонин Р.В. К вопросу о классификации селевых очагов // Селевые потоки. – 1980. – № 4. – С. 51 – 56.
21. Хонин Р.В. Методика составления обзорной карты селеопасных районов СССР // Селевые потоки – 1980. – № 5. – С. 34 – 41.
22. Хонин Р.В., Балабаев Ф.Г., Каплан М.М., Булатов В.М., Гончарова Л.В., Калашникова Е.Н. Селевые явления северного полушария // Селевые потоки – 1982. – № 6. – С. 97 – 126.
23. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. – М.: Недра, 1980. – 296 с.

Казгидромет, КазНИИМОСК

## СЕЛДІ КАРТОГРАФИЯЛАУ ТУРАЛЫ

А.Х. Хайдаров

*Селді картографиялау тарихына қысқаша шолу жасалған. Осы мәселеге қатысты ҚазҚОМКҒЗИ соңғы жылдарда қорытылған көзқарастар берілген. Ақсай өз алабының төменгі жағы мысалында сейсмикалық жағдайда туындайтын сел ағындарының ықпалында тұрған аймақтардағы шаруашылық қызметтің төуекел дәрежесін картаға түсіру өдістемесі суреттелген.*

УДК543.27.76

**СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ГОРОДА АЛМАТЫ**

Ж.М. Жаппарова

Доктор техн. наук С.С. Нуркеев

*Исследовано содержание тяжелых металлов в атмосферном воздухе города Алматы. Рассмотрены сезонные изменения концентраций ТМ.*

Алматы является самым большим городом Республики Казахстан с численностью населения около полутора миллиона человек. Географическое расположение города крайне неблагоприятное, так как город находится в котловине, у подножья Заилийского Алатау. Основные источники загрязнения атмосферного воздуха, типичные для всех высокоурбанизированных территорий: ТЭЦ, выхлопные газы многочисленного автомобильного транспорта, выбросы и твердые бытовые отходы коммунально-бытового хозяйства, различные газопылевые выбросы небольших промышленных предприятий. В Центре мониторинга загрязнения природной среды РГП "Казгидромет" ведутся многолетние наблюдения за состоянием атмосферного воздуха. Целью данной работы было определение содержания в атмосферном воздухе Алматы наиболее токсичных тяжелых металлов, таких как мышьяк, кадмий, свинец, хром, которые в последние годы не определялись. Для полноты картины отбор проб проводился на двух стационарных постах, находящихся в разных районах города и обозначенных на карте-схеме города числами 1 и 12 (Рис. 1).

Анализ содержания тяжелых металлов выполнялся на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы "Shimadzu" AA-6650, укомплектованном автосамплером ASC-6100. Использовался метод беспламенной атомизации образцов в графитовой печи с кюветами. Расчет содержания металлов в пробах, необходимое разведение, управление процессом анализа проводилось с помощью программного обеспечения "WizAAgd". Отбор проб проводился на фильтры АФА-ХП с использованием аспираторов. Дальнейшая подготовка проб проводилась по стандартной методике на основании РД 52.04.186-89, принятой в Республике Казахстан [2]. Отбор проб атмосферного воздуха проводился четыре раза в месяц. Ниже даны

среднемесячные данные, показана динамика содержания тяжелых металлов в атмосферном воздухе города Алматы (Рис. 2).

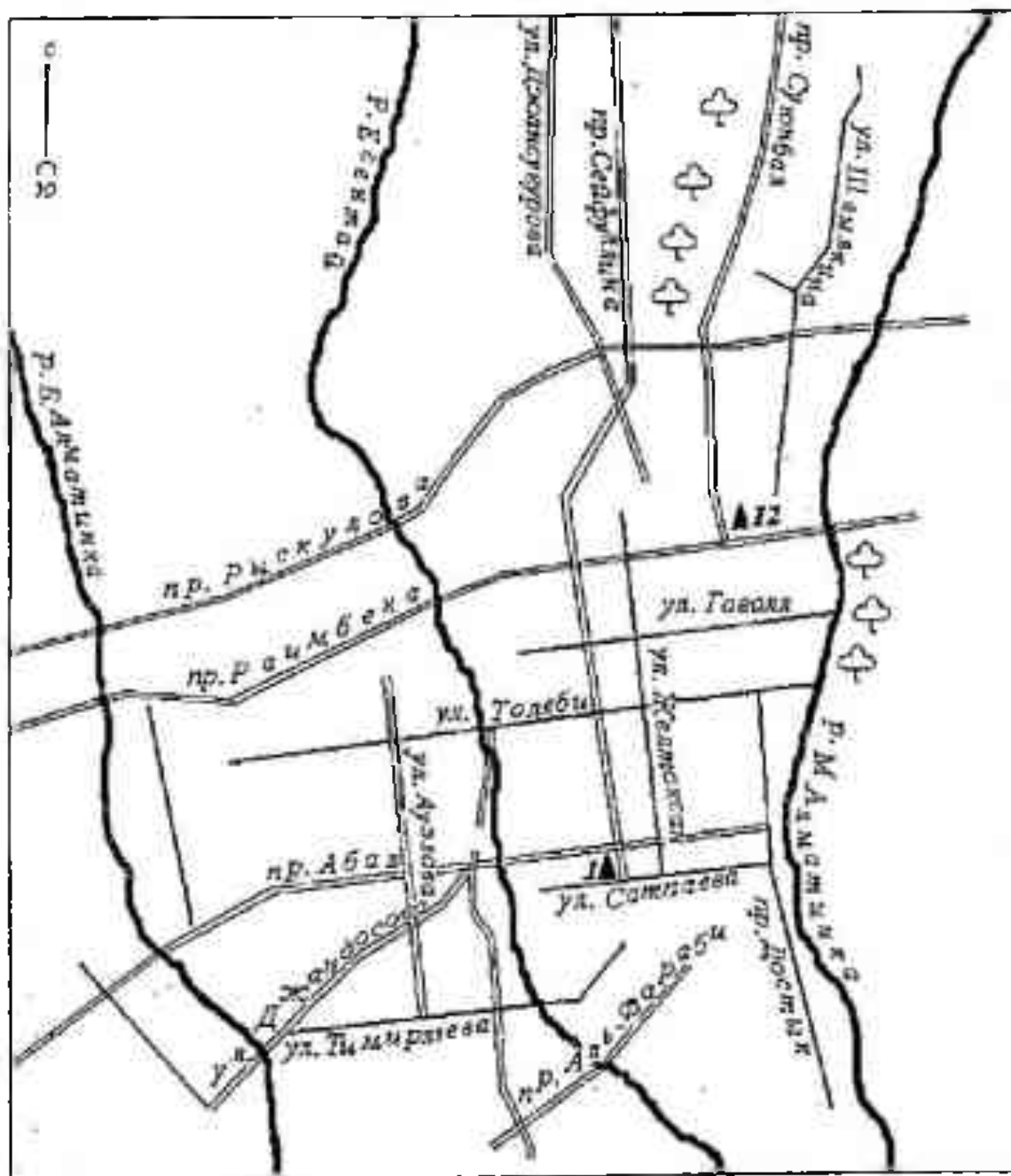


Рис. 1. Схема расположения постов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха г. Алматы.

На графиках (рис. 2) показано годовое изменение содержания мышьяка в атмосферном воздухе Алматы. В мае 2001 года концентрация мышьяка в районе поста №12 составляет  $0,0018 \text{ мкг/м}^3$ , этот уровень сохраняется и в июне 2001. На посту №1 в мае 2001 года содержание мышьяка  $0,0007 \text{ мкг/м}^3$ , в июне происходит незначительный рост до  $0,0009 \text{ мкг/м}^3$ . В июле на посту №12

наблюдается резкое снижение показателя до  $0,0002 \text{ мкг/м}^3$ , в то время как на посту № 1 увеличение до  $0,0017 \text{ мкг/м}^3$ . В августе ситуация противоположная: рост на посту № 12 -  $0,0028 \text{ мкг/м}^3$ , снижение на посту № 1 -  $0,0002 \text{ мкг/м}^3$ . В сентябре на обоих постах зафиксировано значение  $0,0029 \text{ мкг/м}^3$  мышьяка. В октябре на обоих постах происходит снижение содержания мышьяка до нулевой отметки в районе поста № 1, и до  $0,0021 \text{ мкг/м}^3$  - на посту № 12. Начиная с ноября 2001 до апреля 2002, в атмосферном воздухе Алматы, присутствие мышьяка не обнаружено.

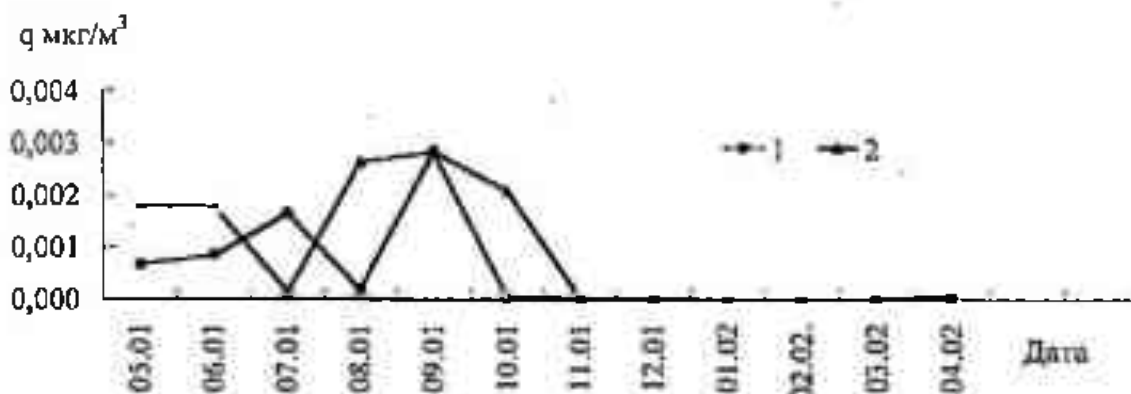


Рис. 2. Годовой ход содержания мышьяка. 1 – пост № 1; 2 – пост № 12.

Анализ годового хода содержания мышьяка в атмосферном воздухе позволяет сделать следующий вывод. Наибольший уровень загрязнения мышьяком приходится на летние месяцы, максимальное значение за этот период в шесть раз ниже ПДК среднесуточного. Начиная с ноября по апрель включительно, мышьяк в атмосферном воздухе не присутствует.

На графиках (рис. 3) показан годовой ход содержания свинца в атмосферном воздухе Алматы. Весной, в мае 2001 содержание свинца на обоих постах одинаково и составляет  $0,002 \text{ мкг/м}^3$ . В июне наблюдается рост до  $0,01 \text{ мкг/м}^3$ , такая же ситуация сохраняется в июле и августе. В сентябре происходит рост концентрации на посту № 1 до  $0,03 \text{ мкг/м}^3$ . На посту № 12 сохраняется уровень  $0,01 \text{ мкг/м}^3$ , и эта картина остается практически неизменной в октябре и ноябре месяцах. В районе поста № 1 происходит постепенное уменьшение до  $0,022 \text{ мкг/м}^3$  в октябре и в ноябре месяце уровень свинца составляет  $0,005 \text{ мкг/м}^3$ . В зимние месяцы концентрация свинца минимальна на обоих постах, чуть выше нулевой отметки. В марте происходит незначительное увеличение до  $0,005 \text{ мкг/м}^3$ , которое сохраняется в апреле месяце 2002. В общем и целом можно сделать вывод о том, что в весенне - летний период происходит загрязнение атмосферного воздуха свинцом. Однако уровень не превышает соответствующей

ПДК. В зимний период года загрязнение атмосферного воздуха свинцом незначительно.

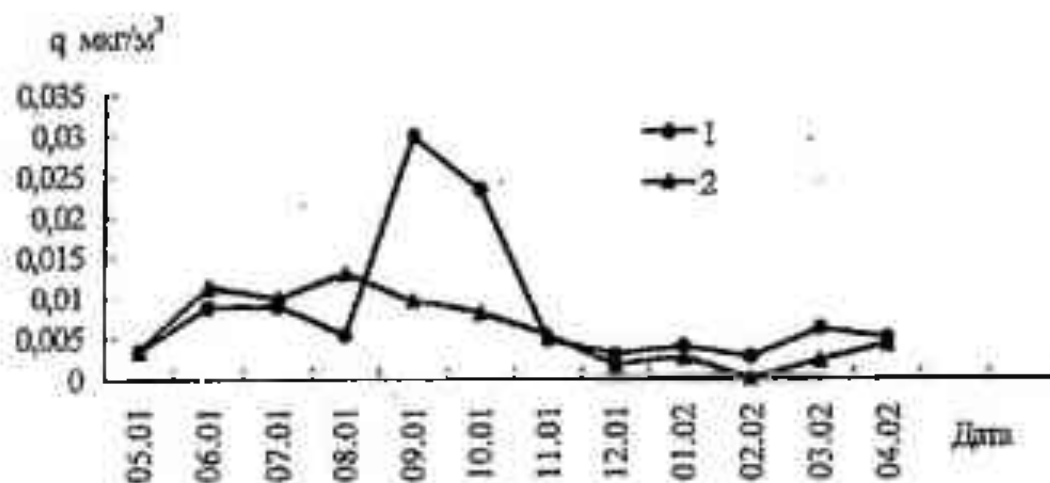


Рис. 3. Годовой ход содержания свинца в атмосферном воздухе.  
1 – пост № 1; 2 – пост № 12.

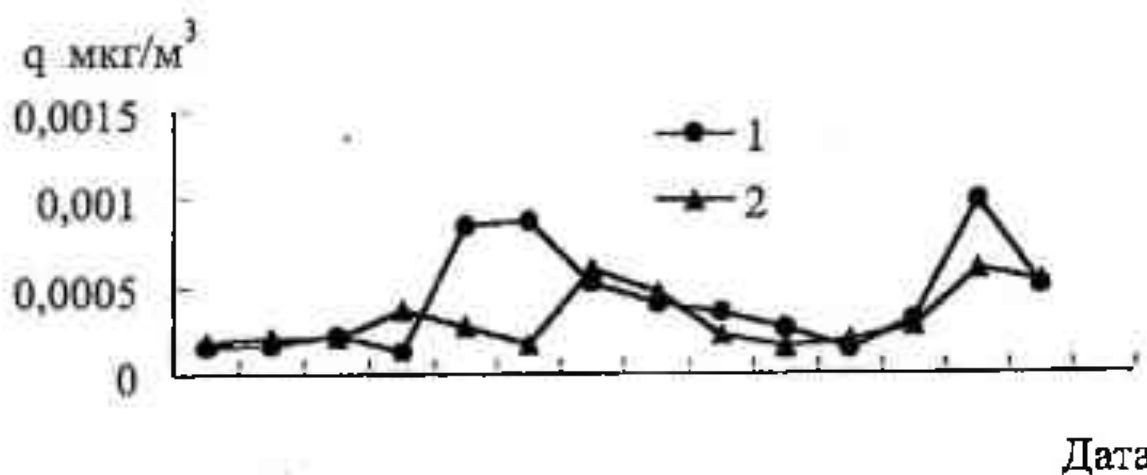


Рис. 4. Годовой ход содержания кадмия. 1 – пост № 1; 2 – пост № 12.

На графиках (рис. 4) показан годовой ход содержания кадмия в атмосферном воздухе Алматы. Приведены данные по двум стационарным постам наблюдения. В мае, июне, июле месяцах 2001 года концентрация кадмия находится на уровне 0,0002 мкг/м<sup>3</sup>. На посту №12 в августе 2001 наблюдается рост до 0,00038 мкг/м<sup>3</sup>, на посту №1 происходит снижение до 0,00018 мкг/м<sup>3</sup>. В осенне - летний период кривые концентраций на постах различны. Так, на посту №12 наблюдается снижение в сентябре 2001 до 0,00028 мкг/м<sup>3</sup>, в октябре до 0,00018 мкг/м<sup>3</sup>. На посту №1 в сентябре виден резкий скачек концентрации кадмия до 0,00083 мкг/м<sup>3</sup>, дальнейший рост до



0,00088 мкг/м<sup>3</sup> в октябре 2001 года. Далее, начиная с ноября 2001 года по апрель 2002, изменения на обоих постах схожие, наблюдается снижение уровня концентрации кадмия. В ноябре 2001 содержание кадмия на обоих постах находится на уровне 0,00055 - 0,00060 мкг/м<sup>3</sup>, в декабре составляет 0,00040 - 0,00045 мкг/м<sup>3</sup>. В январе - 0,00022 мкг/м<sup>3</sup> на посту № 12, на посту №1 - 0,00035 мкг/м<sup>3</sup>. В феврале соответственно, 0,00018 мкг/м<sup>3</sup>; 0,00028 мкг/м<sup>3</sup>. В марте 0,0002 мкг/м<sup>3</sup>; 0,00015 мкг/м<sup>3</sup>, соответственно. Далее, в апреле, на обоих постах наблюдается рост до 0,00029 - 0,00031 мкг/м<sup>3</sup>. В мае происходит резкое увеличение концентрации кадмия до 0,0006 мкг/м<sup>3</sup> на посту №12; 0,001 мкг/м<sup>3</sup> на посту №1. В апреле 2002 содержание кадмия находится на уровне 0,00055 мкг/м<sup>3</sup> на обоих постах.

Таким образом, высокий уровень концентрации кадмия в атмосферном воздухе города Алматы приходится на осенне-летний период. Содержание этого тяжелого металла на двух постах в это время различно. Минимальные концентрации наблюдаются весной и осенью.

На графиках (рис. 5) показан годовой ход изменения содержания хрома в атмосферном воздухе Алматы. Концентрация хрома в районе обоих постов не превышает соответствующее значение ПДК. В мае, июне, июле 2001 содержание хрома изменяется незначительно и на обоих постах, находится на уровне 0,0025...0,0045 мкг/м<sup>3</sup>. В августе 2001 на посту №12 зафиксирован скачок до 0,009 мкг/м<sup>3</sup>, в то время как на посту № 1 происходит снижение до 0,001 мкг/м<sup>3</sup>. В сентябре в районе поста №12 уровень хрома 0,0075 мкг/м<sup>3</sup>, и в октябре - 0,005 мкг/м<sup>3</sup>, т.е. происходит постепенное снижение. На посту № 1 в сентябре концентрация хрома составляет 0,0055 мкг/м<sup>3</sup>, и далее в октябре 2001 значение падает до 0,002 мкг/м<sup>3</sup>. В ноябре на обоих постах зафиксировано незначительное увеличение содержания хрома: 0,007 мкг/м<sup>3</sup> на посту № 12 и 0,0028 мкг/м<sup>3</sup> - на посту №1. В декабре 2001 на обоих постах значение одинаковое и составляет 0,004 мкг/м<sup>3</sup>. В январе, феврале и марте 2002 года концентрация хрома находится на одном уровне: 0,007...0,0075 мкг/м<sup>3</sup>. В апреле видно снижение, которое на посту № 12 составляет 0,005 мкг/м<sup>3</sup>, на посту №1 - 0,007 мкг/м<sup>3</sup>.

Опираясь на вышеизложенное можно сделать вывод о том, что концентрация хрома в атмосферном воздухе в зимние месяцы находится на одном уровне. В весенне-летний период содержание хрома нестабильно и в разных районах города различно.

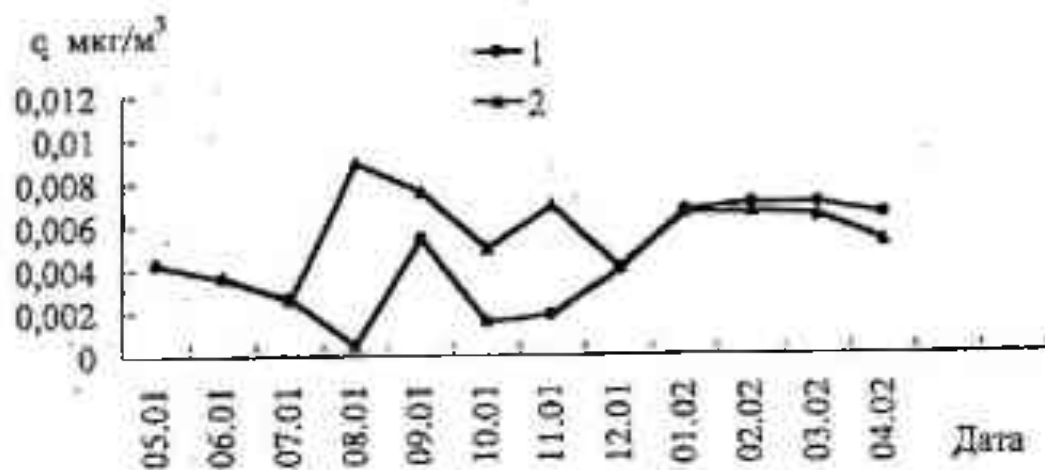


Рис. 5. Годовой ход содержания хрома. . 1 – пост № 1; 2 – пост № 12.

Среднесуточная предельно допустимая концентрация и класс опасности для этих металлов:

Металл	ПДК среднесуточная, $\mu\text{г}/\text{м}^3$	Класс опасности
Cd	0,3	1
Pb	0,3	1
Cr	1,5	1
As	3	2

В 1991-1994 гг. велись наблюдения за содержанием в атмосферном воздухе города Алматы кадмия и свинца. Для определения тенденции изменения этих ТМ по годам приведена табл. содержания ТМ в атмосферном воздухе города Алматы,  $\mu\text{г}/\text{м}^3$ :

Элемент	Год				
	1991	1992	1993	1994	2001
Cd	0	0	0	0	0,0004
Pb	0,02	0,03	0,02	0,09	0,03

Как видно в табл., содержание свинца находится на одном уровне в течение десятилетия и не превышает ПДК. Дополнительного загрязнения атмосферного воздуха за этот период не возникло. Появление кадмия, хрома, а также присутствие мышьяка в летний период, связано с запыленностью воздуха и содержанием этих ТМ в аэрозольных частицах. Кроме того, определение ТМ в предыдущие годы проводилось пламенным способом атомно-абсорбционной спектрофотометрии, предел обнаружения которого на порядок ниже беспламенного метода.

В последнее время появились новые научные данные из области токсикологии и эпидемиологии загрязнения воздушной среды, а также были разработаны новые методы оценки риска. Эти достижения обусло-

вили необходимость пересмотра и обновления существующих нормативов. Работа проводилась в тесном сотрудничестве с Международной программой по химической безопасности (МПХБ) и генеральным директором Европейской комиссии по окружающей среде, ядерной безопасности и гражданско-правовой защите [1].

Обобщенная сводка пересмотренных критериев качества атмосферного воздуха приведена ниже

Неорганические примеси	Новые критерии
Мышьяк	$1,5 \cdot 10^{-3}$ мкг/м <sup>3</sup>
Кадмий	5 нг/м <sup>3</sup>
Хром (+6)	$4 \cdot 10^{-2}$ мкг/м <sup>3</sup>
Свинец	0,5 мкг/м <sup>3</sup>

В свете новых представлений о загрязнении атмосферного воздуха необходимо отметить, что содержание мышьяка в весенне-летний период находится на критической черте, порой превышая её в два раза. По другим рассматриваемым ТМ ситуация относительно удовлетворительная.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Второе издание Air quality guidelines (Критерии ВОЗ по качеству атмосферного воздуха) – 2000. - С. 201 - 209.
2. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. - М: Госкомгидромет, 1991. - 602 с.

ЦМЗПС РГП "Казгидромет"

#### АЛМАТЫ ҚАЛА АУАСЫНДА АУЫР МЕТАЛЛДАРДЫҢ ТАРАЛУЫ

Ж.М. Жапсарова  
Техн. ғылымд. докторы С.С. Нуркеев

*Баяндамада Алматы қаласының ауасында ауыр металл таралуы туралы мәліметтер берілген. Алматы қаласының ауасының ауыр металлдармен ластануы көрсетілген.*

УДК 551.510.42

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВСЕСТОРОННЕГО АНАЛИЗА ПРИРОДНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОЙ СИСТЕМЫ КАК СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Доктор техн. наук

Ж.С. Мустафаев

Канд. техн. наук

А.Т. Козыкеева

Л.Ж. Мустафаева

К.Ж. Мустафаев

К.Б. Койбагарова

*Предложены методологические основы всестороннего анализа природно-деятельностной системы как среды обитания человека, включающие всесторонний анализ природной среды, экологическое нормирование и их связь с стратегией регулирования качества природной среды.*

Современная эпоха природопользования характеризуется ростом актуальности всех аспектов проблемы взаимоотношения общества и природы: научного, практического, экологического, экономического, эстетического и социального, которые требуют детального изучения и комплексного системно-структурного анализа состояния природной среды при длительном антропогенном воздействии.

Поэтому, основной задачей всестороннего анализа деятельности природной системы является изучение самых разнообразных сторон антропогенного воздействия различных факторов на компоненты биосферы, всеобъемлющий анализ эффектов этого воздействия с целью выявления приоритетных направлений природопользования и оценки устойчивости природной системы, как среды обитания человека.

Для выявления историко-генетических связей, сложившихся в сфере природопользования, при жесткой деятельности человека возникает необходимость воспользоваться некоторыми философскими и методологическими рассуждениями общего характера [2, 5, 14, 19].

Основной особенностью всестороннего структурно-системного анализа взаимоотношения общества и природы с экологических позиций является изучение истории формирования естественных и антропогенных

факторов природной системы в пространственно-временных масштабах, т. е. в процессе исследований необходимо изучить не только механизмы прошлой, настоящей, а и связанной с ними будущей преобразующей деятельности человека.

Важнейшим этапом такого анализа является анализ природно-экологической ситуации системы в условиях постоянной антропогенной деятельности с выявлением причинно-следственных связей. Для выявления этих связей необходимо системное представление природной системы, где сочетание естественных (природных) и антропогенных факторов, может быть отражено моделью деятельностно-природного объекта (ДПО) [14, 19]. С экологических позиций систему природопользования и природообустройства необходимо рассматривать не только для улучшения неблагоприятных условий природных системы, но и как средства нормализации всей среды обитания человека [2, 5, 6, 14, 19]. Необходимо изучить историю формирования и функционирования ДПО под влиянием естественных и антропогенных факторов.

Для инструмента изучения многостороннего антропогенного воздействия и комплексной оценки экологического состояния природной системы в пространственно-временных масштабах М.Х. Сарсенбаев [16], используя методологию всестороннего анализа природной системы, как среды обитания человека, которая впервые была сформулирована Ю.А. Израэлем [3], а И.П. Айдаровым и В.Х. Хачатурьяном [18], Ж.С. Мустафьевым [8] – применена в ретроспективном анализе.

Процесс всестороннего анализа природной среды в методологии [3], выработанной на советско-американских симпозиумах, изложена в виде блок-схемы, включающей следующие разделы.

1. Анализ эффектов воздействия различных факторов на окружающую природную среду:

- анализ реакций организмов, популяций, экосистем на воздействия на различных уровнях;
- анализ последствий от воздействий и определение ущерба от воздействий;
- выявление критических факторов воздействия и наиболее чувствительных элементов биосферы.

2. Определение допустимых экологических воздействий и нагрузок:

- определение допустимых нагрузок для отдельных организмов и различных популяций с учетом комплексного и комбинированного воздействия и санитарно-гигиенических требований к качеству среды;
- определение допустимых нагрузок на сообщества, экосистемы с учетом путей воздействия на все элементы сообщества, экосистемы;
- определение допустимых нагрузок на крупную систему (климатическую систему, биосферу в целом);

3. Определение допустимых нагрузок на регион с учетом экономических аспектов.

4. Выработка критериев, направленных на ограничение источников воздействия (норм предельно допустимых выбросов и др.) и ослабление эффектов воздействия с санитарно-гигиенических и экологических позиций.

5. Введение различных норм, ограничивающих воздействие (норм на выбросы, источники воздействия и т.д.).

6. разработка различных технических приемов по ограничению загрязнений и других воздействий:

- разработка и внедрение технологических способов уменьшения воздействий (загрязнений);
- разработка и внедрение очистных сооружений и фильтров.

Как показал структурно-системный анализ, в деятельностной блок-схеме, предложенной Ю.А. Израэлем [3], отсутствует природный блок для выявления историко-генетических связей, характеризующий природные условия формирования географических объектов. При отсутствии их в составе деятельностной блок-схеме всестороннего анализа, проведение экологической оценки природной системы в условиях антропогенной деятельности на уровне познающей и преобразующей деятельности практически невозможно. Поэтому, чтобы не нарушать структурного формирования методологического подхода всестороннего анализа природной среды [3], в их состав, необходимо, включить, нулевой блок – ландшафтно-экологическую оценку ресурсов природной системы, так как рациональное природопользование и природообустройство в значительной мере зависит от правильности выбора методологии оценки природно-экологической продуктивности ландшафта [4].

7. Природно-экологическая оценка ресурсов деятельностно-природных объектов (ДПО):

- климатическая оценка природных систем;

- агроклиматическая оценка природных систем;
- природно-экологическая оценка природных систем.

Таким образом, одной из основных задач экологического исследования стало выявление качественного и количественного состояния природной системы, на основе всестороннего анализа природной среды, для оценки преобразующей деятельности человека в пространственно-временных масштабах: прошлое – настоящее – будущее. Для проведения всестороннего анализа, рассматривающего совокупность естественных и антропогенных процессов в деятельности-природной системе, необходимо построить модель природы с учетом специфики деятельности человека. Для этого, прежде всего, требуется с экологической, экономической и социальной позиций определить, цели и ценности природопользования и природообустройства, как среды обитания человека. Для реализации такого мировоззрения целесообразно воспользоваться методом восхождения от абстрактного к конкретному по иерархической системе.

#### *Природно-экологические оценки ресурсов природных систем*

Для всестороннего анализа природной среды с природно-экологических позиций необходимо изучить историю формирования природной системы под влиянием естественных и антропогенных факторов. Основной формой учета историко-генетических связей природной среды является природно-экологическая оценка её продуктивности. Она в настоящее время подразделяется на три основных типа:

- климатическая (сумма биологически активных температур ( $\sum t$ ), сумма осадков ( $O_c$ ), продолжительность безморозного периода ( $T$ ), испаряемость ( $E_o$ ), фотосинтетически активная радиация ( $R$ ));
- агроклиматическая ( гидротермический показатель увлажнения ( $ГТК$ ), коэффициент увлажнения ( $K_y$ ), степень увлажненности ( $HF$ ), индекс сухости ( $R$ ), показатель сухости ( $K_T$ ), оценка увлажнения ( $K$ );
- природно-экологическая (биологическая продуктивность почвы ( $B$ ), энергия затрачиваемая на почвообразование ( $Q_n$ ), изменение содержания гумуса в почвах ( $\Gamma$ ), интенсивность геологического круговорота воды ( $g$ ), экологическое состояние территории ( $\Delta Э$ ), индекс почвы ( $S$ ), показатель благоприятности климата ( $CL$ ), продуктивность ландшафта ( $Y$ )) [8].

## 1. Анализ эффектов воздействия антропогенной деятельности на среду обитания человека

При природопользовании и природообустройстве, для рационального управления природными ресурсами и их хозяйственного использования, помимо воздействий на природную среду, которые заключаются в направленном сдвиге равновесия в исходных природных системах и их приспособлении к выполнению определенных производственных функций, обязательно и воздействие природы на общество.

Человечество в своей многогранной антропогенной деятельности активно, слишком утилитарно, в большинстве случаев стихийно, технократично вмешивается в природу, нарушая и ломая сложившиеся веками в ней динамическое равновесие. В результате возникала необходимость выполнения экологической оценки состояния природной системы на основе всестороннего анализа природной среды в аспекте системного или ретроспективного анализа эффектов воздействия различных факторов на окружающую природную среду.

Искусственно-естественные или деятельностно-природные системы (ДПС) представляют собой понятия, включающие элементы трех категорий: деятельность ( $D$ ), природные материалы ( $M$ ) и трансформированный или оформленный человеком материал ( $TM$ ). Вероятно, все многообразие ситуаций, возникающих при взаимодействии человека с природой можно свести к единству этих трех категорий при всестороннем анализе природной среды [7, 8].

Цель изучения - анализ эффектов воздействия различных факторов на окружающую природную среду, характеризующих взаимоотношение общества и природы - оценка экологических состояний природной системы, которая состоит из трех разделов.

*А. Анализ реакции организмов, популяций, экосистем на воздействия на различных уровнях основывается на систематизации фондовых материалов и данных, полученных с помощью первичного мониторинга за длительное время. На элементы природной системы ( $C_i$ ) воздействует несколько факторов ( $\Phi_i$ ), обусловленных различными видами антропогенной деятельности ( $D_i$ ). В результате постоянного усиления интенсивности ( $D_i$ ), состояние природной системы, взаимосвязанное с динамикой геохимических, биологических, энергетических и других процессов, изменяет естественное состояние, т.е. принимает другой вид ( $C_i'$ ), где сохра-*



наются генетические основы формирования и функционирования системы. А факторами воздействия могут быть химические ( $\Phi_x$ ), физические ( $\Phi_\phi$ ), механические ( $\Phi_M$ ) и биологические ( $\Phi_b$ ), т.е. при их воздействии фоновое состояние природной системы ( $C_i^1$ ) как бы синтезирует влияние всех разнородных и разнообразных форм антропогенной деятельности человека. Таким образом, анализ данного этапа на основе системной организации деятельностно-производственных материалов, выделении ведущих факторов ( $\Phi_i$ ), пространственно-временных границ и иерархических уровней ДПО, в котором подразумевается оценка преобразующей деятельности человека ( $D_i$ ) и характер изменения трансформированного этой деятельностью природного материала ( $TM_i$ ).

Количественную оценку реакции организмов, популяций, экосистем на антропогенное воздействие приводят в пространственно - временном масштабе  $t_i \rightarrow t_o$  (где  $t_i$  - прошлый период;  $t_o$  - современный период). Параметры деятельности  $\bar{D}_i$  - выражаются в долях общего объема природного ресурса, находившегося в воздействиях различных факторов ( $\Phi_i$ ). В пределах каждого антропогенного воздействия оцениваются приведенные коэффициенты негативной реакции для человека  $\overline{NR} = NR_i / NR_{max}$  и для среды его обитания  $\overline{nr} = nr_i / nr_{max}$  [18].

Величины  $\overline{NR}$  и  $\overline{nr}$  изменяются от 0 до 1, причем возрастание коэффициентов свидетельствует об ухудшении ситуации.

Приближенные зависимости для оценки воздействия антропогенной деятельности имеют вид:

для человека

$$\overline{NR} = \left( \sum_i \bar{D}_i \cdot q_i \right) \sum_i \varepsilon_i(k);$$

для среды его обитания

$$\overline{nr} = \left( 1 + \frac{\bar{D}_{ss}}{D_{ps}} + q_r \right) \sum_i \beta \cdot \varepsilon_i(k),$$

где  $\bar{D}_i$  - включает степень загрязнения воздуха ( $\bar{D}_b$ ) и использование подземных вод, загрязненных ядохимикатами, на питьевое водоснабжение ( $\bar{D}_{nb}$ );  $\bar{D}_{ss}$  - уровень использования для водоснабжения и орошения реч-

ных вод;  $\bar{D}_{pв}$  - уровень использования возвратных вод для водоснабжения и орошения;  $\varepsilon_i$  - частные параметры ухудшения свойств компонентов природной системы (для человека это - динамика болезней, связанных с потреблением загрязненной воды и воздуха -  $\varepsilon_i(r)$ , для почвы, растений и сельскохозяйственных культур - содержание в почве токсичных солей, для грунтовых вод - повышение их минерализации и уровня -  $\varepsilon_i(k)$ );  $\beta$  - поправочный коэффициент (для почв и грунтовых вод  $\beta > 1$ , для сельскохозяйственных культур  $\beta = 1$ );  $q_i$  - интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в почвы и грунтовые воды.

Величина  $\varepsilon_i(k)$  оценивается по формуле:

$$\varepsilon_i(k) = F_i / F_0,$$

где  $F_i$  и  $F_0$  - объем использованных природных ресурсов за периоды, соответственно,  $t_i$  и  $t_0$ .

Интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в грунтовые воды и почвы оценивается по эмпирическим зависимостям [18]:

$$q_i^n = 1 - q_i^0,$$

$$q_i^n = \exp\left[-\left(\alpha \cdot q_i^0 + 1/R_\phi\right)\right],$$

где  $\alpha$  - постоянная, зависящая от вида ядохимикатов;  $q_i^0$  - интенсивность инфильтрационного питания;  $R$  - фильтрационное сопротивление ( $R = l/f_m$ ,  $f_m$  - относительная площадь грунта с малой мощностью).

*Б. Анализ последствий от воздействий и определение ущерба от воздействий* - ключевой этап для раскрытия причинно-следственных связей природных процессов в результате антропогенной деятельности человека. Он сводится к ретроспективному анализу познающей ( $P_i$ ) и преобразующей ( $PD_i$ ) деятельности, оценке направленности и интенсивности протекающих природных процессов и ситуаций. При этом выявление возникающих противоречий между обществом и природой в результате антропогенной деятельности человека позволит понять, почему те или иные концепции и стратегии природопользования, справедливые для отдельных географических зон и для конкретной социально-культурной ситуации, не адекватны процессам, протекающим в настоящее время в регионе или бассейнах рек.

При этом имеется в виду, что анализ основного этапа развития преобразующей деятельности ( $D_i$ ) и характер изменения трансформиро-

ванного этой деятельностью природного материала ( $TM_i$ ), позволяет установить основные тенденции деятельностно-природных процессов и последствия от антропогенного воздействия.

Для определения ущерба, нанесенного природной системе в результате отрицательного воздействия, разработана методика его оценки, включая экологический, социально-экономический и социальный ущерб [9, 14]:

$$Z(x) = Z_s(\bar{P}_s - P_s(x)) + Z_{эк}(\bar{P}_{эк} - P_{эк}(x)) + Z_c(\bar{P}_c - P_c(x)),$$

где  $Z_s(\bar{P}_s)$  - экономический ущерб от ухудшения качественных параметров природно-технической системы;  $Z_c(P_s(x))$  - затраты необходимые для качественного улучшения параметров природной среды;  $Z_{эк}(\bar{P}_{эк})$  - экологический ущерб от ухудшения качественных параметров природно-технической системы;  $Z_{эк}(P_{эк}(x))$  - затраты, необходимые для улучшения экологических условий природной среды;  $Z_c(\bar{P}_c)$  - социальный ущерб от ухудшения качественных параметров природной среды;  $Z_c(P_c(x))$  - затраты на улучшение социальных условий природной среды.

*В. Выявление критических факторов воздействия и наиболее чувствительных элементов биосферы – изучение совокупности процессов и форм взаимодействия человека со всей его средой обитания – социальной, технической, природной, что составляет, как известно, существо экологической проблемы природопользования.* Преобразованная природная и созданная человеком искусственная среда обитания воздействует на наиболее чувствительный элемент биосферы, которым является человеческий организм, т.е. на биологические и генетические процессы. В результате этой деятельности в конечном итоге сам человек оказывается объектом преобразований природы.

При определении воздействия различных факторов на отдельные организмы, элементы биосферы, экосистемы, в целом, необходима обобщенная оценка спектра биологических откликов живого организма (человека) в ответ на воздействие антропогенной деятельности. Для этого предложена схема интегральной оценки опасности экологической ситуации на здоровье человека ( $ЗД, = \int(\mathcal{E}_k)$ ) [9] с использованием градации спектра биологических откликов, разработанной Всемирной организацией здравоохранения [15].

При этом важно подчеркнуть, что генетические аспекты проблемы взаимодействия человека со средой обитания не сводятся к влиянию загрязнения окружающей среды на наследственность человеческих популяций. Человек, как биологический вид, формировался в процессе длительного исторического развития и приспособлен к той естественной среде, в которой происходила его эволюция, что необходимо учитывать при определении допустимых градаций спектра биологических откликов человеческого организма.

## **2. Определения допустимых экологических воздействий и нагрузок**

В самом широком смысле под допустимым антропогенным воздействием на среду обитания человека следует понимать воздействие, складывающееся из отдельных однородных и разнородных воздействий, которые не влияют на качество окружающей природной среды, т.е. сохраняют экологическое равновесие природной системы. Однако, в настоящее время взаимоотношения общества и природы по ряду параметров воздействия на биосферу Планеты уже постепенно приближаются к своеобразному «порогу» допустимых экологических нагрузок природной системы. Переступив этот «порог», человек может, сам того не желая, вызвать в природных системах необратимые изменения отрицательного свойства, способные проводить своеобразную «цепную реакцию», примером которых стал бассейн Аральского моря. Поэтому для сохранения природных ресурсов, их рационального и сбалансированного использования определение допустимых экологических воздействий и технических нагрузок становится актуальнейшими задачами науки природопользования.

На основе систематизации современных знаний о взаимосвязанных потоках вещества Н.И. Парфенова и Н.М. Решеткина [13] разработали концептуальную модель природной гидрогеохимической системы планеты Земля, где отражены эволюционные преобразования земной коры и ее геоструктуры под влиянием космической энергии, выраженные в виде постоянного обмена веществ между сушей и океаном, через ритмы большого геологического круговорота, питание его веществами и химическими элементами малого биологического круговорота. Опираясь на выдвинутые теоретические концепции о структуре и функционировании гидрогеохимической системы планеты Земля, эволюционно развивающиеся процессы формирования гидрогеохимических потоков и влияние на них антропогенной деятельности человека рассмотрены на трех крупных иерархических уровнях природной системы [13], которые могут быть использованы для определения допустимых экологических воздействий и нагрузок.

Нижний уровень - локальный – ландшафт. На нем можно проследить за сложными биогеохимическими процессами, обменом веществ и химических элементов между живой и косной материей, между почвами и грунтовыми водами, где можно определить допустимые нагрузки для отдельных организмов и различных популяций с учетом комплексного и комбинированного воздействия и санитарно-гигиенических требований к качеству среды.

Средний уровень – региональный – включает в себя речные бассейны, где в тесном единстве формируются поверхностные и подземные гидрогеохимические потоки, непосредственно определяющие экологическое состояние природной системы, где можно определить допустимость нагрузок на сообщества, экосистемы с учетом путей воздействия на все элементы сообщества и экосистемы.

Верхний уровень – глобальный – объединяет ландшафтно-географические зоны. На нем осуществляется связь суши с океаном, в том числе через подземные потоки воды, вещества и химических элементов верхнего и нижнего гидрогеологических этажей, где можно определить допустимые нагрузки на крупную систему (климатическую систему, биосферу в целом).

Гидрогеохимическая система Земли обладает устойчивостью и саморегулированием и находится в динамическом равновесии, определяющем современные благоприятные экологические условия жизни человека.

При экологическом нормировании антропогенных нагрузок природной системы необходимо учитывать возможности элементов биосферы и экологических системы. При выработке норм предельно допустимых экологических нагрузок на различные природные комплексные системы должен предусматриваться весьма жесткий критерий – отсутствие в настоящем и будущем каких-либо отклонений состояния человека от нормы и любых заметных реакций у него на воздействие, так как ценностью при преобразовании природной системы является человек в среде его обитания.

*А. Определение допустимых нагрузок для отдельных организмов и различных популяций с учетом комплексного и комбинированного воздействия и санитарно-гигиенических требований к качеству среды в основном относится к нижнему уровню – ландшафту.*

При определении допустимых нагрузок для отдельных организмов и различных популяций можно выделить два взаимосвязанных вопроса,

которые необходимо рассматривать при обосновании критериев и выбора параметров экосистемы:

какой из факторов имеет большее относительное влияние на изменение функции отклика  $\varphi(x_1, \dots, x_n)$  при данной комбинации экологических факторов;

сохраняется ли относительная важность факторов при переходе к другим точкам пространства экологических факторов, достаточно отличным от данной точки  $(x_1^{(1)} \dots x_n^{(1)})$ , например к точке  $(x_1^{(2)} \dots x_n^{(2)})$ .

Определение допустимых нагрузок и устойчивости экосистемы, степень изменения компонентов природного процесса, могут быть определены через параметр деятельности природной среды  $x_i$ , который характеризуется взаимосвязью  $TM/M$  (где  $M$  - природные материалы;  $TM$  - оформленные человеком материалы) или  $\bar{D} = OM/D$  (где  $OM$  - параметр изменения природной среды;  $D$  - параметр преобразующий деятельность человека). Прежде чем составить задачу описания степени устойчивости экологической системы в зависимости от уровня ухудшения количественного и качественного состояния компонентов природной среды, введем обозначения:

$\varepsilon_i(k) = \Pi_0(k) / \Pi_i(k)$  - частные параметры ухудшения свойств компонентов во временном масштабе;  $\Pi_0(k)$  и  $\Pi_i(k)$  - параметры объекта, характеризующие свойства компонентов на период соответственно  $t_i$  и  $t_0$ ;

$d_i(k) = D_0(k) / D_i(k)$  - частные параметры ухудшения свойств компонентов в пространственном масштабе;  $D_0(k)$  и  $D_i(k)$  - параметры объекта, характеризующие изменение свойств компонентов в пространственных масштабах;

$a_i(k) = A_0(k) / A_i(k)$  - частные параметры, характеризующие антропогенные нагрузки во временном масштабе;  $A_0(k)$  и  $A_i(k)$  - параметры объекта, характеризующие количественное изменение антропогенной нагрузки на природную систему на период соответственно  $t_i$  и  $t_0$ .

Постановка задачи вытекает из анализа закономерности функционирования экологических систем, который даёт возможность предположить, что изменение уровня устойчивости экосистемы при изменении количественного и качественного состояния деятельностно-природной сис-

темы пропорционально оптимальному значению уровня устойчивости экосистемы и отклонению параметров компонентов экосистемы от естественного ( $\varphi_0 - \varphi$ ). Тогда, на основе «закона совместного действия факторов», устойчивость не только зависит от какого-нибудь одного фактора, но и от всей совокупности факторов одновременно, т.е.  $\varphi = \varphi(x_1, \dots, x_n)$ .

При этом частная функция отклика экологической устойчивости или состояния природной среды на некоторый их компонент  $x_i (1 \leq i \leq n)$ , при фиксированных значениях факторов  $x_j (j \neq i)$ , может быть описана выражением вида:

$$\begin{aligned} \varphi_i(x_i) &= \varphi(x_1^*, \dots, x_{i-1}^*, x_i, x_{i+1}^*, \dots, x_n^*) = \\ &= A_i(x_1^*, \dots, x_{i-1}^*, x_i, x_{i+1}^*, \dots, x_n^*) (1 - 10^{-c_i x_i}) \cdot 10^{-k_i x_i^2} = \\ &= A_{max} (1 - 10^{-c_i x_i}) = A_{max} [1 - \exp(-a_i \cdot x_i)] \end{aligned}$$

Таким образом, как видно из уравнения, при изменении компонентов природной среды и отдельных их компонентов ( $x_i$ ) изменяется также и относительная величина факторов на функцию отклика  $\varphi(x_i)$ , интервалы толерантности, положение точки (зоны) оптимума, масштаб и форма частных функций отклика на каждый из экологических компонентов природной среды. Все это подчеркивает необходимость изучения зависимости функции отклика  $\varphi(x_1, \dots, x_n)$  от всей совокупности факторов ( $x_1, \dots, x_n$ ).

*В. Определение допустимых нагрузок на сообщества, экосистемы с учетом путей воздействия на все элементы сообщества, экосистемы в целом относится к среднему уровню – региональному.*

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

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

где  $k_i$  - коэффициент значимости компонентов природной среды, то есть  $k_i = k_n + k_s + k_p + k_a + k_{ж} = 1$  (где соответственно, коэффициент значимости водных и земельных ресурсов, растительного мира, атмосферы, жи-

вотных), так как в кибернетике характеристика системы аддитивна, если она равна сумме тех же характеристик для составляющих систему подсистем и элементов.

*В. Определение допустимых нагрузок на глобальную (верхнюю) систему (климатическую систему, биосферу в целом).*

Выбрав методологическую и практическую основу оценки экологической устойчивости для сопоставления степени изменения природного процесса и определения допустимых нагрузок на крупную систему, следует выделить на основе системного анализа природно-экологические факторы, влияющие на природную среду, чтобы выявить смысл наблюдаемых экологических кризисов в результате антропогенной деятельности.

Обобщенные критерии, для определения допустимых нагрузок могут быть установлены на основе принципа оценки экологической устойчивости природной системы, основанной на определении коэффициента негативной ситуации на воздействие ( $K_{эу}$ ):

$$K_{эу} = 1 - \exp\left(-\alpha_1 \frac{\Delta\mathcal{E}_к - \Delta\mathcal{E}_{опт}}{\Delta\mathcal{E}_к - \Delta\mathcal{E}_f}\right),$$

где  $\Delta\mathcal{E}_к$  - критическое значение коэффициента негативной реакции;  $\Delta\mathcal{E}_{опт}$  - оптимальное или предельно допустимое значение коэффициента негативной реакции;  $\Delta\mathcal{E}_f$  - текущее значение коэффициента негативной реакции.

Различие между предельно допустимым ( $\Delta\mathcal{E}_{опт}$ ) и критическим ( $\Delta\mathcal{E}_к$ ) состоянием, а иногда критическим ( $\Delta\mathcal{E}_к$ ) и фактическим ( $\Delta\mathcal{E}_f$ ) характеризует экологический резерв природной системы. При прочих равных условиях этот резерв будет тем больше, чем меньше отличается фактическое состояние от среднего (нормального) ( $\Delta\mathcal{E}_{ср}$ ).

### **3. Определение допустимых нагрузок на регион с учетом экономических аспектов**

Определение с эколого-экономических позиций допустимых нагрузок на локальных, региональных и глобальных иерархических уровнях природной системы должно осуществляться с учетом различных экономических аспектов, в том числе с учетом соотношений затрат-выгоды. Так как экологическое регулирование степени антропогенных воздействий должно начинаться с определения допустимых воздействий и нагрузок на экосистему и среды обитания человека, которые отличаются разнообразием и значительно влияют на стратегию использования природных ресурсов и регули-



рования его качества. Для этого разработаны оптимизационные модели планирования природопользования, при использовании которых ресурсные ограничения оцениваются экономически. Однако, введение подобных ограничений требует развитой нормативной базы и сформированного описания допустимых пределов использования природных ресурсов.

Рассматриваемый методологический подход основан на предотвращении экологического, экономического и социального ущерба [3, 6]. На базе их предложен коэффициент экономической устойчивости природно-технического комплекса ( $K_3$ ), характеризующий максимально-допустимый уровень использования природных ресурсов [15]:

$$K_3 = \frac{Z_n \left[ (P_n - P_n(x)) - P_u(x) \right] - Z(x)}{Z_n (P_n - P_n(x))},$$

где  $Z_n(\bar{P}_n)$  - общая прибыль природно-технического комплекса;  
 $Z_n(P_n(x))$  - прибыль природного комплекса в естественных условиях;  
 $P_n(x)$  - общие затраты для выпуска продукции.

Таким образом, определение допустимых нагрузок на регион в экономическом аспекте необходимо обосновать исходя с экологически допустимых параметров  $x$  производственных, природоохранных и социальных компонентов природно-техногенных систем, обеспечивающих максимум критерия  $K_3$ .

#### 4. Выработка критериев, ограничение источников и ослабление эффектов воздействия

Экологическое регулирование антропогенных воздействий должно начинаться с определения допустимых воздействий и нагрузок на экосистемы и природную среду на различных уровнях. Поэтому одной из основных задач науки природопользования, для экологического нормирования природной среды является выработка критериев, направленных на ограничение источников воздействия и ослабление эффектов воздействия на природной системы.

Для оценки экологической значимости антропогенных факторов или эффектов воздействия целесообразно пользоваться специально выработанными критериями - значениями предельно допустимых степеней ухудшения экологического состояния природной системы ( $\Delta \mathcal{E}_i$ ), значениями предельно допустимых уровней использования природных ресур-

сов ( $K_{дон} = P(x_i) / P(x)$ ) или выбросов вторичных источников ( $K_{выб} = P_{выб}(x_i) / P(x_i)$ ), значениями предельных и допустимых экологических нагрузок ( $K_{дон} = (P(x_i) - P_n(x_i)) / P(x_i)$ ) или разгрузок ( $K_{раз} = (P(x) - P(x_i)) / P(x)$ ).

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

- определить с точки зрения чувствительности среды обитания человека, т.е. изменений по отношению к начальному состоянию экосистемы, насколько сильно  $\Delta\mathcal{E}_{орл}$  отличается от  $\Delta\mathcal{E}_i$ ;

- определить с точки зрения критичности всей экосистемы или ее отдельных компонентов, насколько  $\Delta\mathcal{E}_i$  допустимо для существования системы, или насколько состояние  $\Delta\mathcal{E}_k$  близко к критическому;

- определить с точки зрения абсолютного изменения  $\Delta\mathcal{E}_{ср}$ , выраженных произведением значения среднего изменения у отдельных компонентов, т.е.  $(\Delta\mathcal{E}_{орл} + \Delta\mathcal{E}_i) / 2$  или  $(\Delta\mathcal{E}_x + \Delta\mathcal{E}_i) / 2$ .

Оценки приоритетности того или иного воздействия природной системы позволяют определить степень и уровень использования различных критериев для решения экологических, экономических и социальных задач в системе природопользования. Сопоставление соотношения критериев ( $\Delta\mathcal{E}_{орл}$ ) и ( $\Delta\mathcal{E}_i$ ), может быть использовано при оценке всестороннего воздействия природной среды как среды обитания человека, ( $\Delta\mathcal{E}_i$ ) и ( $\Delta\mathcal{E}_k$ ) — для правильной и обоснованной оценки уровня сбалансированного использования природных ресурсов, а ( $\Delta\mathcal{E}_{ср}$ ) и ( $\Delta\mathcal{E}_{орл}$ ) — для выработки общей стратегии и концепции экологически безопасной и безотходной технологии использования природных ресурсов.

## 5. Введение ограничивающих норм воздействия

Практически любые антропогенные воздействия на природные системы оказывают влияния и на среды обитания человека, изменяют естественное равновесие в природе. При этом постоянное и целенаправленное изменение и преобразование природы в результате антропогенной деятельности на фоне научно-технического прогресса следует оценивать как необходимый эволюционный процесс, оказывающий положительное

для развития человечества, а «экологический кризис и нарушение экологического равновесия» в природной среде, необходимо рассматривать не как следствие общей стратегии природопользования, а явления порождающиеся несоблюдением законов природы.

При ограниченности природных ресурсов необходимо введение ограничивающих различных норм воздействия, которая должна определяться критичностью воздействия на здоровье человека и экологические системы, с учетом экономических и социальных последствий. Для оценки состояния окружающей природной среды, как среды обитания человека, необходимо уметь, с одной стороны, определять возможный ущерб от естественного и антропогенного воздействия, а с другой — уметь распознать дополнительные природные возможности для использования их в интересах человека.

Исходя из этих задач, можно определить уровень ограничивающих норм воздействия, с учетом выявления компонентов природной системы, наиболее подверженных воздействию, или критические компоненты, нарушение экологического равновесия которых может привести к разрушению среды обитания человека:

$$\Delta Z(x_i) = Z(x_i) \left[ 1 - \exp\left(-\alpha_i \frac{\Delta \mathcal{E}_k - \Delta \mathcal{E}_{opt}}{\Delta \mathcal{E}_k - \Delta \mathcal{E}_i}\right) \right],$$

где  $\Delta Z(x_i)$  - экологическая максимально допустимая норм использования природных ресурсов ( $x_i$ );  $Z(x_i)$  - максимально возможные ресурсы природной системы ( $x_i$ ).

При определении экологически допустимых норм использования природных ресурсов, необходимо в первую очередь обратить внимание на антропогенные воздействия, под влиянием которых природная система может изменяться особенно быстро. При определении допустимых нагрузок на природную систему должен учитываться уровень критического воздействия, когда может происходить необратимая деградация, и уровень допустимого воздействия, ограничивающихся условными критериями предельного экологического воздействия.

#### **6. Разработка и внедрение технологических способов уменьшения воздействия**

Понимание и осмысление прошлого, настоящего и будущего состояния природной системы как среды обитания человека, на базе объек-

тивной информации и оценок, формирование экологического сознания и реализация экологического мышления человека, являются важнейшим условием обеспечения экологической устойчивости биосферы и сбалансированного использования её ресурсов для созидания. При технических решениях по созданию экологически безопасной и малоотходной технологии природопользования и природобустройства необходимо соблюдать принцип предотвращения возникновения необратимых последствий и ослабление степеней воздействия.

Перед человечеством стоит сложная задача - разработка технических средств и технологий природопользования, обеспечивающих экологическую, экономическую и социальную устойчивость природной системы и среды обитания человека. Реализация принципов разумного дозирования техногенных нагрузок и регулирования уровня воздействия природной системы возможна только при глубоком понимании законов природы, ограничивающих нашу деятельность. Поэтому разработка и внедрение малоотходных технологий в системе природопользования требует все большего проникновения в существо законов природы в целях обоснования и нормирования допустимых экологических нагрузок на природные системы, в пределах которых должна «укладываться» антропогенная деятельность человека.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаев Т.Б., Джапаридзе Г.Г., Заремба Г.В., Шибашов С.А. Экологические основы реконструкции окружающей среды. - М.: - 2000. - 262 с.
2. Герасимов И.П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира. - М.: Наука. - 1985.
3. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. - М., Гидрометеоиздат, 1984. - 560 с.
4. Козыкеева А.Т., Мустафаева Л.Ж. Оценка социально-экологического ущерба от загрязнения водных ресурсов / Водные ресурсы: опыт использования и проблемы // Сб. научн. тр. - Тараз, 1997. - С. 82-85.
5. Лосев А. В. Социальная экология: история и современность. - Воронеж, 1993.
6. Лось В.А. Человек и природа: социально-философские аспекты экологической проблемы. - М.: Мысль, 1988.
7. Мустафаев Ж.С. Методологические основы принципа экологизации мелиорации сельскохозяйственных земель // Гидрометеорология и экология, 2001. - №3 - 4. - С. 130 - 144.

8. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане. - Алматы, Наука, 1997. - 358 с.
9. Мустафаев Ж.С. Экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель // Вестник ТарГУ / Природопользование и проблемы антропосферы. - Тараз, 2001, №2. - С. 5 - 12.
10. Мустафаев Ж.С., Умирзаков С.И., Козыкеева А.Т. Методологические основы ландшафтно-экологического районирования природной системы // Гидрометеорология и экология. 2000. - №3-4. - С. 146 - 159.
11. Мустафаева Л.Ж., Мустафаев К.Ж., Койбагарова К.Б. Экологическое и экономическое обоснование устойчивости природной системы // Материалы 4-й Международной научной конференции / Проблемы экологии АПК и охраны окружающей среды. - Щучинск, 2002. - С. 212 - 214.
12. Мустафаева Л.Ж., Мустафаев К.Ж., Койбагарова К.Б. Эколого-экономическое обоснование устойчивости природно-технических систем // Проблемы генезиса, плодородия, мелиорации, экологии почв, оценка земельных ресурсов. - Алматы, 2002. - С. 220 - 222.
13. Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель. - СПб: Гидрометеориздат, 1995. - 350 с.
14. Рац М.В. Что такое экология или как спасти природу. - М.: Знание. - ЧиП. - 1990. - № 2 - 4.
15. Руководство по гигиене атмосферного воздуха. - М.: Медицина, 1976. - 416 с.
16. Сарсенбаев М.Х. Гидролого-экологические проблемы орошения в Южном Прибалхашье (на примере рисовых земель) - Алматы, 2001. - 195 с.
17. Хачатурьян В.Х. Оценка экологической ситуации при обосновании проектов реконструкции // Мелиорация и водное хозяйство - 1990, №3. - С. 17 - 21.
18. Хачатурьян В.Х., Айдаров И.П. Концепция улучшения экологической и мелиоративной ситуации в бассейне Аральского моря // Мелиорация и водное хозяйство, 1990, №12. - С. 5 - 12, 1991, №1. - С. 2 - 9.
19. Щедровицкий Г.П. Принципы и общая схема методологической организации инженерно-структурных разработок. // Ежегодник «Системные исследования». - М.: Наука. - 1981.

20. Щедровицкий Г.П. Синтез знаний: проблемы и методы // На пути к теории научного знания. – М.: Наука, 1984.

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати  
Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства

**ТАБИҒИ-ҚЫЗМЕТ ЕТУ ЖҮЙЕСІН АДАМЗАТТЫҢ ӨМІР СҮРЕТІН  
ОРТАСЫ РЕТІНДЕ ҚАРАП ЖАН-ЖАҚТЫ ТАЛДАУ ЖҰРГІЗУДІҢ  
ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗІ**

Техн. ғылымд. докторы Ж.С. Мұстафаев

Техн. ғылымд. канд. А.Т. Қозыкеева

Л.Ж. Мұстафаева

К.Ж. Мұстафаев

К.Б. Койбагарова

*Табиғи ортаны жан-жақты талдау, экологиялық тұрғыдан мөлшерлеу және олардың табиғи ортаның сапасын реттеудің маңызмен байланыстығын қамтитын, табиғи-қызмет ететін ортаны адамзат өмір сүретін ортасы ретінде қарап жан-жақты талдаудың әдістемелік негізі ұсынылған.*

УДК 556.54

**РОЛЬ МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ В РЕГУЛИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ АРАЛЬСКОЙ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ**

Доктор геогр. наук

Г.В. Гельдыева

Доктор геогр. наук

Ш.М. Надыров

*В статье рассматриваются роль и значение межгосударственных факторов в регулировании и управлении развитием Аральской природно-хозяйственной системы. Акцент делается на эколого-экономическую и политическую ситуацию в странах Центральной Азии. Определяются возможные подходы и принципы, регулирующие межгосударственные отношения по совместному использованию водно-энергетических ресурсов трансграничных рек в условиях обострения природно-охраных проблем.*

Структура природно-хозяйственной системы зоны орошаемого земледелия в бассейне Аральского моря формировалась в течение многих лет. Она, прежде всего, отражала структуру потребностей в сельскохозяйственных культурах некогда огромной страны. В настоящее время ситуация в корне изменилась. С общерегиональных позиций следует разработать возможные сценарии в развитии территориально-отраслевой структуры каждой страны и региона в целом. Несмотря на многовариантность решений приоритетным направлением агрокомплекса стран региона, по нашему мнению, будет выступать широкое использование водоемких технологий, процесс ограничения удельного веса водоемких культур в структуре посевов, замены их сортами менее водоемкими и т.д. В решении этой проблемы заслуживает самого серьезного внимания внедрение адаптивно-ландшафтного орошаемого земледелия и экосистемного метода водораспределения по бассейну реки Сырдарья, как основной водной системы в пределах казахстанского Приаралья, где развито интенсивное орошаемое земледелие. На наш взгляд, при оценке степени нарушения структуры природно-хозяйственной системы зоны орошаемого земледелия казахстанского Приаралья необходимо исходить именно из этих положений.

В прошлом ошибки мелиорации заключались в том, что на землях различных агроландшафтов строились оросительные системы по типовым проектам, с параметрами орошения и дренажа под ведущую культуру севооборота без учета зональной ландшафтной организации территории. В результате на многих агроландшафтах, принятые по типовому проекту конструкции оросительной системы, не соответствуют ландшафтному потенциалу. Требование, чтобы мелиорация была адаптивно-ландшафтной, необходимо закреплять на стадии проектируемых предложений и сопровождать количественными критериями экологического состояния ландшафта. Ландшафтно-экологические требования к организации орошаемого земледелия в пустынной зоне РК следует адаптировать к региональным условиям с учетом структурной организации природно-территориальных комплексов различного иерархического уровня и устойчивости механизма внутриландшафтных и межландшафтных связей.

В настоящее время бассейн р. Сырдарья характеризуется тем, что основные гидроэнергетические и ирригационные сооружения за исключением Шардаринского водохранилища в Казахстане оказались на территории Таджикистана и Кыргызстана. Каскад Нарын-Сырдарьинских ГЭС и главным образом Токтогульское водохранилище играют ключевую роль в водообеспечении южных регионов, в частности Казахстана. Однако Кыргызстан, не располагая возможностями для их содержания, вынужден осуществлять повышенный сброс воды из водохранилища в зимний период, что привело к снижению объема воды снизился до критического уровня. Крайне отрицательно это отразилось на почвенно-мелиоративных условиях казахстанской части Приаралья в сторону развития негативных процессов опустынивания. Вместе с тем продолжают ухудшаться социально-экономические предпосылки развития региона, что, в конечном счете, исключает нормальное развитие региона в обозримом будущем. В статье раскрываются основные подходы к разработке главных концептуальных и методических положений по совместному использованию водно-энергетических ресурсов трансграничной реки Сырдарья с учетом природоохранных проблем. На наш взгляд, это возможно лишь при условии глубокого анализа межгосударственных факторов, обусловивших нарушения структуры природно-хозяйственной системы зоны орошаемого земледелия. Следует отметить, что экономическое реформирование в СНГ совпало по времени с глубоким экологическим кризисом, затронувшим ряд крупных речных бассейнов. Территория Центрально-



азиатского региона характеризуется тем, что более 80 % его водных ресурсов и запасов гидроэнергии формируются в Кыргызстане и Таджикистане, а подавляющая часть пригодных для сельского хозяйства земель сосредоточены в Казахстане, Туркменистане и Узбекистане [7]. Это одна из главных причин межгосударственных противоречий. Ситуация усугубляется тем, что Центрально-азиатский регион является аридным и основным водопотребителем выступает орошаемое земледелие. В регионе поливается 7960 тыс. га, на что затрачивается 100 км<sup>3</sup> водных ресурсов, или в среднем выливается на гектар 13000 м<sup>3</sup>. В Таджикистане - соответственно 719 тыс. га и 10,3 км<sup>3</sup> на один гектар расходуется 14000 м<sup>3</sup> воды. В целом, всеми республиками используется воды в год на все нужды 110,5 км<sup>3</sup>, или на одного жителя 2975 м<sup>3</sup>, в том числе в Республике Таджикистан израсходовано в 1994 г водопотребителями 12,03 км<sup>3</sup>, на каждого жителя - 2141 м<sup>3</sup> [1]. Из анализа наличия водных ресурсов и использования их отраслями экономики видно, что имеется большой резерв водных ресурсов как в целом по региону, так и Таджикистану. Сравнивая использование воды на душу населения в развитых странах, территории которых изобилуют водными ресурсами, можно констатировать, что их потребление в два раза ниже, чем в среднем в Центральной Азии. В частности Канада потребляет 1602 м<sup>3</sup> на человека, США - 1870 м<sup>3</sup>, Чили - 1626 м<sup>3</sup>. На этом фоне Туркменистан и Узбекистан, потребляющие соответственно 6390 и 4121 м<sup>3</sup>, заметно проигрывают, что и объясняет плохое экологическое состояние региона [7]. Безусловно, развитие негативных процессов и явлений можно объяснить инерционностью в развитии методов управления характерных для стран Центральной Азии. Высокие удельные расходы воды на душу населения в Центральной Азии объясняются плохим техническим состоянием оросительных и обводнительных систем, отсталыми технологиями водопользования, отсутствием высококвалифицированных кадров в системе водного хозяйства, а также экономного расходования воды. Разумеется, это также отражается на межгосударственных взаимоотношениях. В настоящее время водохозяйственная система бассейна Сырдарьи в современном ее состоянии включает:

- разветвленную речную сеть общей длиной более 15 тыс. км, со средним стоком воды в 37,4 км<sup>3</sup>;
- многочисленные водозаборные узлы, насосные станции и широкую сеть оросительных каналов;

- орошаемые земли около 3,5 млн га и оросительную сеть с общей длиной каналов 35 тыс. км (более 1000 каналов);
- обширную систему коллекторно-дренажных и сбросовых каналов общей длиной около 55 тыс. км;
- восемь действующих водохранилищ суммарной емкостью 10,8 км<sup>3</sup> и четыре строящихся водохранилища суммарной емкостью 23,1 км<sup>3</sup>;
- водозаборные узлы для коммунально-бытового и промышленного водоснабжения.

Следует отметить, что развернувшееся водохозяйственное строительство имело не только положительный эффект (повышение водообеспеченности орошаемых земель), но и отрицательные последствия: неоправданный рост удельного водопотребления и повсеместное повышение уровня грунтовых вод, что в последующем вызвало вторичное засоление орошаемых массивов и падение урожайности сельхозкультур. Устранения перекосов в водопотреблении, вызванных сплошной "социализацией" средств производства и земли в прошлом, внедрение платного использования воды и санкций за ее загрязнение вызовут резкое снижение удельных затрат воды на производство единицы продукции. Реконструкция мелиоративных систем и внедрение новейших водосберегающих технологий завершат борьбу за экономию водных ресурсов и выведут государства Центральной Азии в число стран с умеренным водопотреблением на душу населения (не превышающим 1000 м<sup>3</sup>). В этом кроется основной залог сотрудничества государств Центральной Азии в области рационального использования водных ресурсов и обеспечения будущих поколений свежей водой в достаточном количестве. Причем, этот фактор определяет всю цепочку проблем устойчивого развития ПХС. Увеличение масштабов и интенсивности антропогенной нагрузки на окружающую среду обуславливает растущее истощение и ухудшение качества водных ресурсов. В экономике господствует тенденция крайне нерационального их использования. Большие потери воды происходят при ее транспортировке от источников до потребителей из-за изношенности водопроводных систем и несовершенства запорной арматуры; в процессе промышленного производства - из-за несовершенства технологий, их высокой водоемкости; в коммунальном хозяйстве и орошаемом земледелии - из-за непроизводительных ее затрат. Так, перерасход воды в орошаемом земледелии бассейна р. Сырдарья вызван несовершенством оросительных каналов и дренажной сети. Нельзя признать нормальным, когда коэффициент полезного

действия оросительных систем составляет 0,58, а коэффициент использования воды на полях орошения 0,35 – 0,40, то есть больше половины воды, забранной из источника орошения, не доходит до растения. Вследствие чего, из 3,313 тыс. га мелиорируемой пашни – в неудовлетворенном состоянии, находятся свыше млн. га, которые требуют коренного улучшения действующих оросительных систем. Анализ состояния природных вод и их использования показывает, что антропогенная нагрузка на водоемы и водосборы не только превысила допустимый уровень, т. е. превосходит способность водных объектов к самоочищению, но и нередко приводит к деградации водных экосистем. Экологическая же функция практически не учитывалась. Однако в течение жизни одного поколения изменились цели и средства водохозяйственной политики. К сожалению, такая смена не была безболезненной: только дойдя до грани экологического кризиса, как в случае с Аральским морем, общество стало осознавать необходимость экологического императива в системе водо- и природопользования. Игнорирование приоритетности природоохранных мероприятий привело к тому, что ландшафты стали испытывать чрезмерные антропогенные нагрузки, вследствие чего качество вод стало заметно ухудшаться, значительная часть водоемов и водотоков утратила способность к самоочищению и превратилась в коллекторы сточных вод. В странах Центральной Азии, в особенности в Казахстане, качество оросительной воды влияет на нормы водопотребления, урожайность и качество сельхозпродукции. Хронологический график колебания годовых расходов реки Сырдарья показывает цикличность чередования маловодных и многоводных лет. Маловодные периоды наступают через 3-4 года и имеют продолжительность 5-6 лет с расходом воды 21,7...26,6 км<sup>3</sup>, многоводные периоды чаще бывают единичными с расходом воды 43,4 - 57,5 км<sup>3</sup> в год. При распределении всего речного стока Сырдарьи и Амударьи свежая речная вода хорошего качества направляется водопотребителям, расположенным в верховье рек (Кыргызстан, Таджикистан, Узбекистан), тогда как нижнее течение (Южно-Казахстанская и Кызылординская области) получает преимущественно дренажные воды. Это в значительной степени ухудшает межгосударственные отношения. Так доля свежей воды для верхних потребителей составила 82,5 % от общего водозабора, а доля низовых всего лишь 32,8 %. Безвозвратное водопотребление в сельском хозяйстве составляет 48 %, промышленности - 32 %, коммунальном хозяйстве - 88% от объема воды, забираемой на эти нужды [2].

За счет развития мелиорации по бассейну р. Сырдарьи, природно-экологические и социально-экономические условия улучшились в 1,5-2,0 раза в верхнем и среднем течении реки и ухудшились в 2,5-3,0 раза в низовье. Наиболее кризисная ситуация сложилась в дельте реки, где расположен Казалинский массив орошения. Социально-экономический и экологический ущерб, наносимый низовью р. Сырдарьи в результате загрязнения водных ресурсов, по самым скромным подсчетам составляет 43 млн. долл. США в год.

По международным правилам, Казахстан – как суверенное государство, имеет право требовать возмещения социально-экологического ущерба, возникающего при загрязнении водных ресурсов водопотребителями (суверенными государствами Узбекистан, Кыргызстан и Таджикистан), расположенными в верховье бассейна р. Сырдарьи. Следует отметить, что в мире нет ни одной оросительной системы, где бы сотни тысяч гектаров орошаемых земель поливались водой с минерализацией свыше 1 г/л. Производственный опыт Казахстана в этом плане является уникальным, но имеющиеся данные свидетельствуют о потере плодородия почв, положительном солевом балансе орошаемых земель, перерасходе поливной воды, вторичном засолении почв и выходе земель из сельхозоборота. Причины плохого состояния водных ресурсов во многом объясняются следующим. Ранее организационно-экономический механизм их комплексного использования и охраны создавал условия для решения важных водохозяйственных задач, главным образом для обеспечения потребностей отраслей экономики социальной сферы в водных ресурсах надлежащего качества. Хотя между организационно-административными и экономическими методами управления имелись серьезные противоречия, их удавалось нейтрализовать. В период реформ они обострились и привели к кризису водного хозяйства. Дело в том, что ранее существовавшая концепция охраны водных ресурсов, по существу, не являлась экологическим ограничителем развития отрасли, а предусматривала совокупность компенсирующих мер по отношению к заданным объемам и режимам водопользования. По мере увеличения масштабов последнего стало очевидным, что такая водоохрана нерациональна, поскольку задаваемые объемы и связанные с ними антропогенные нагрузки во многих случаях превосходили эти возможности природной самокомпенсации, даже с учетом инженерно-технических или других водоохраных мероприятий. Таким образом, качественное состояние водных ресурсов во многом зависит от

адекватности в сочетании организационных и экономических методов управления, и может служить косвенным показателем эффективности функционирования водного хозяйства. Большинство этих факторы являются межгосударственными и в основном обуславливают нарушения механизма устойчивости природно-хозяйственной системы зоны орошаемого земледелия Казахстанского Приаралья.

Основным водопотребителем стока р. Сырдарьи является орошаемое земледелие. До 1965 г. площадь орошаемых земель составляла 2217 тыс. га, размещались они на бугристо-грядовых равнинах на незасоленных землях. В период с 1965 до 1990 г. площадь орошаемых земель по бассейну р. Сырдарьи возросла на 1200 тыс. га, в этот период были освоены низкопродуктивные средне и сильнозасоленные земли поймы и дельты реки и практически полностью использован сток реки на орошение.

Для орошения вода р. Сырдарьи в низовье имеет неудовлетворительное качество и ее можно использовать только на землях с высокой дренированностью территории при периодических профилактических промывках, предупреждающих накопление солей.

Качество оросительной воды влияет на нормы водопотребления, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. С повышением концентрации минеральных солей в оросительной воде свыше 1 г/л увеличивается оросительная норма и уменьшается возможность применения такой воды для целей орошения. Особенно сильно это сказывается на орошаемых массивах, приуроченных к пустынным и полупустынным ландшафтам, со сложными природно-климатическими условиями Южно-Казахстанской и Кызылординской областей Казахстана. Здесь с увеличением минерализации поливной воды свыше 1 г/л оросительная норма увеличивается пропорционально росту засоленности поливной воды, при минерализации 1100 мг/л оросительная норма увеличивается на 10 %, 1200 мг/л - 20 %, 1300 мг/л - 30 % и т.д. Поэтому в Казахстанской части бассейна р. Сырдарьи, при объеме водопотребления поливных культур 4260,1 млн. м<sup>3</sup> водоподача на орошаемые участки составляет 8 251,9 млн. м<sup>3</sup> воды за оросительный сезон (Рис. 1). Разницу 3991,8 млн. м<sup>3</sup> воды составляют потери при проведении поливов и расход воды на создание промывного режима орошения, предотвращающего соленакопления в почве. Потери воды на магистральных и межхозяйственных оросительных каналах составляют:  $9881,8 - 8251,9 = 1629,9$  млн. м<sup>3</sup>.

В связи с высокой минерализацией поливной воды, вызывающей увеличение оросительной нормы, на 20-30% возросли затраты воды на единицу выращиваемой культуры, для риса они составляют 4502,8 м<sup>3</sup>/т, хлопка - 2579 м<sup>3</sup>/т, что в 1,5 раза выше нормативной, при минерализации воды до 1 г/л. (Рис. 1).

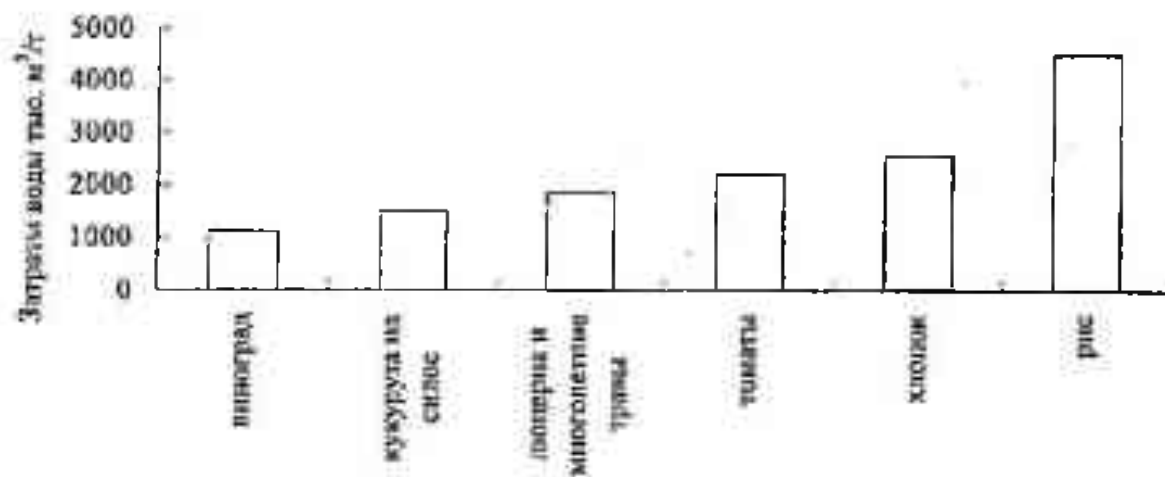


Рис. 1. Затраты воды на одну тонну продукции [4].

При минерализации сырдарьинской воды свыше 1 г/л, (по химическому составу эта вода относится к III классу качества), она оказывает неблагоприятное влияние на плодородие почв и урожайность сельхозкультур. Урожайность возделываемых культур при орошении такой водой снижается до 25 %. Длительное использование ее неизбежно приводит к развитию процессов вторичного засоления. В результате, продуктивность сельскохозяйственных культур, возделываемых на орошаемых землях в низовье р. Сырдарья, за последние десятилетия снизилась на 30-40 %.

Водное хозяйство представляет собой комплекс сложных хозяйственных систем бассейнов рек и водных объектов, требующих специальных структур по обеспечению их совместного функционирования в тесной взаимосвязи со всеми отраслями народного хозяйства. Для удовлетворения потребностей и сохранения качества воды надо повысить рациональность пользования, добычи и транспортировки, выполнить комплекс работ по улучшению экологического состояния водных объектов и ландшафтов, находящихся в зоне их влияния.

Следует учитывать, что более 50% комплексных водохранилищ в бывшем СССР построены до 70-х годов и требуют реконструкции - их износ составляет 50-60 %. Это же относится также к крупным каналам и во-

дохозяйственным системам комплексного назначения по межбассейновой и внутрибассейновой переброске стока.

В условиях суверенитета и перехода к рыночной экономике, резко обозначились проблемы использования водного и энергетического потенциалов, заключающиеся в невозможности государств, расположенных в зоне формирования стока, управлять водными ресурсами по-старому и государствам нижнего течения принять новые условия межгосударственного водопользования. Это означает, что решение социально-экономических задач будет происходить в условиях крайней неустойчивости геосистем. В этой связи, очевидно, что решение проблем устойчивого развития бассейновой ПХС имеет ландшафтный и гидроэкологический аспекты, когда критерий водообеспеченности играет важную управляющую и регулируемую роль. Гидроэкологический аспект должен быть решен через технологию водопользования. Переход на капельное орошение, оборотное водоснабжение и другие виды водосберегающей технологии, повышение КПД оросительных систем под силу лишь крупным хозяйствам. Вместе с тем, должен быть разработан экономический механизм, направленный на водосбережение и повышение эффективности производства в целом. Это может быть достигнуто за счет повышения трудоемкости и глубокой переработки сельскохозяйственного сырья до стадии товарной продукции. Частный капитал в силу его специфики не в состоянии справиться с подобными задачами и, как показывает мировой опыт в пустынных регионах, в основном выживают крупные сельскохозяйственные объединения, которые в состоянии решать вопросы платы за водопользование и социально-экологические проблемы.

Совершенствование стоимостных характеристик и реализация механизма платы за водные ресурсы должна основываться на следующих принципах: платит тот, кто наносит ущерб водным объектам, плата поступает в бюджет и расходуется исключительно на восстановление и охрану водных объектов. Система платежей формируется в виде предельных размеров и включает: плату за пользование водными объектами (водный налог); плату, направляемую на их восстановление и охрану. Платежи устанавливаются: за изъятие воды в пределах лимитов; за пользование водохранилищами без изъятия водных ресурсов в соответствии с действующими условиями. В складывающихся условиях Казахстана, Кыргызстана и Узбекистана необходима унификация платы за водопользование и

водного законодательства стран-водопользователей. Это предполагает со-  
вмещение направлений экономического реформирования.

Таким образом, реорганизация управления и системы водохозяйст-  
венных отношений (экономических, финансовых, организационных, пра-  
вовых и пр.) приобретают ключевую роль в решение проблем формирова-  
ния межгосударственного механизма экономических взаимоотношений и  
распределения водно-энергетических ресурсов р. Сырдарьи и охраны ок-  
ружающей среды. При этом, основываясь на разработках института гео-  
графии [4], считаем, что поиски компромиссного решения режима Токто-  
гульского водохранилища, при котором ущерб энергетики и ирригации  
равновелики, было бы оптимальным решением. Согласно расчетам при  
изолированном решении ущерб энергетики составляет 800 млн. долл., а  
при оптимальном решении 100 млн. долл.

Проблема заключается в распределении между Казахстаном и Уз-  
бекистаном 100 млн. долл. и компенсации ущерба Киргизии. Компенса-  
цию ущерба, на наш взгляд, возможно, осуществить через предлагаемую  
схему перераспределения ресурсов, состоящую из трех основных уровней.

Первый уровень - заключение межгосударственных, межправи-  
тельственных соглашений, договоров регламентирующих условия межхо-  
зяйственных отношений. Второй - государственная водная политика и  
третий - компенсационные затраты хозяйствующими субъектами одного  
государства хозяйствующим субъектам другого государства.

В Казахстане отсутствует государственная собственность на энерго-  
ресурсы, и поэтому у государства нет возможности выполнять обязательства,  
которые действовали в СССР.

Рассмотрим элементы, сохранившиеся после распада СССР (Рис. 2).  
Это государства, потоки товаров и услуг. В Кыргызской Республике преоб-  
ладает государственная собственность. В Казахстане - частная, или частная  
с небольшой государственной долей.

Исходя из этого, мы предлагаем следующую схему перераспреде-  
ления ресурсов [5], специфика, которой заключается в ее основных функ-  
циях:

1. Возможность выполнения межгосударственных соглашений без ди-  
рективного вмешательства правительства;
2. Оперативность выполнения заказов и их общая направленности в со-  
ответствии со стратегией МВЭК;
3. Создание дополнительного источника финансирования больших про-



- ектов, направленных на улучшение ситуации в бассейне р. Сырдарья;
4. Аккумуляция средств поступающих от водопользователей бассейна р. Сырдарья и их целевое размещение;
  5. Простота межгосударственных расчетов;
  6. Возможность оперативного выражения различных поставок товаров и услуг в стоимостной форме;
  7. Минимизации межгосударственных денежных потоков;
  8. Оптимизации выбора и/или размещения ресурсов на внутреннем рынке Республики Казахстан;

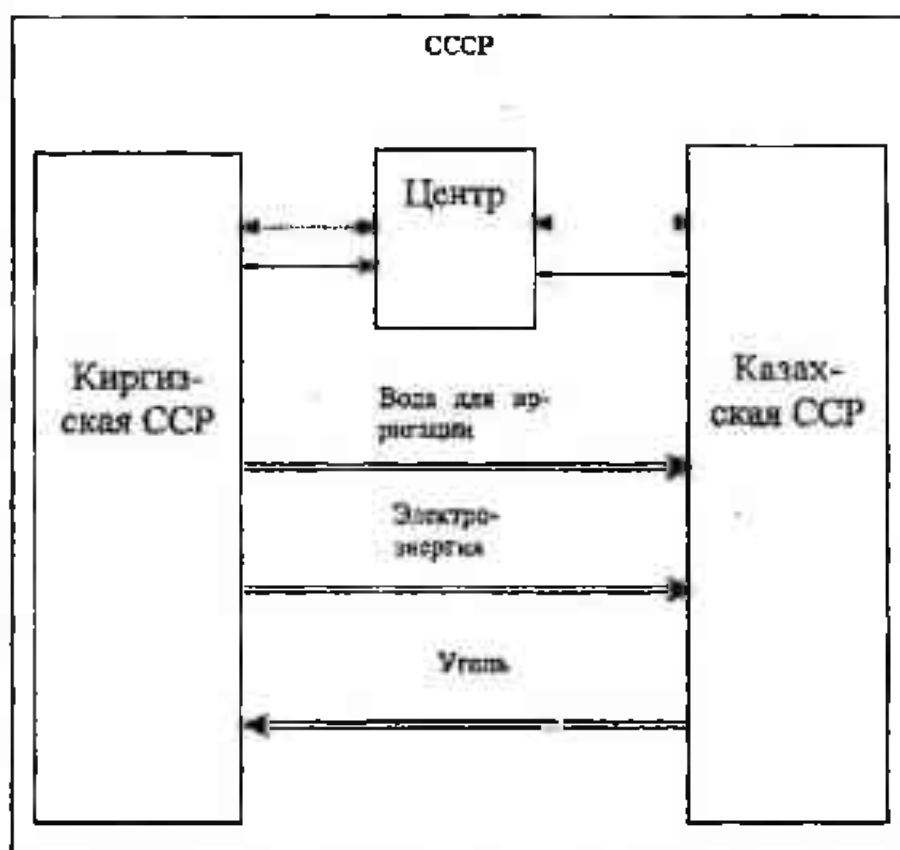


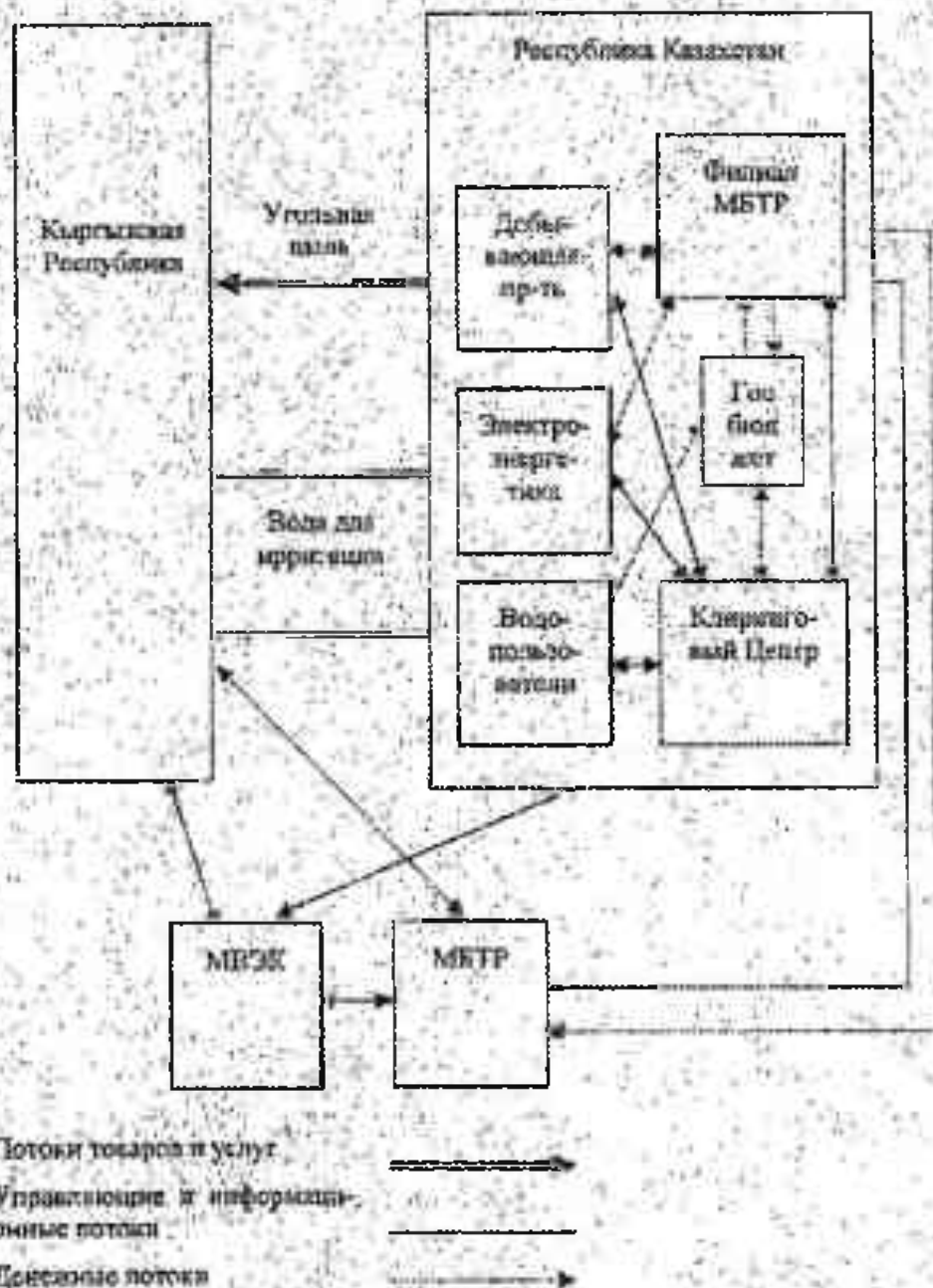
Рис. 2. Схема перераспределения ресурсов в СССР.

Основная структура, отвечающая за межгосударственное взаимодействие - это МВЭК. Соответственно на его плечи ложится выполнение двух первых функций. Для исполнения технической функции по управлению капиталами в рамках МВЭК, мы предложили МБТР. Таким образом, остаются четыре последние функции не обеспеченные соответствующей структурой. Все эти функции можно решить в рамках простого межгосударственного клиринга. По определению клиринг - это обеспечение равенства товарных поставок и платежей между двумя странами и их ежегодное сбалансирование. По нашему мнению, создание Клирингового

Центра РК по перераспределению ресурсов бассейна р. Сырдарьи, который возьмет на себя эти последние функции будет наилучшим решением поставленной проблемы. Как видно из схемы Клиринговый Центр управляет движениями средств на клиринговом счете РК в МБТР, в соответствии с запросами из МВЭК и отраслей промышленности РК. Все потоки товаров, услуг и финансовых средств в рамках МВЭК и в соответствии с межгосударственными соглашениями и договорами учитываются Клиринговым Центром в стоимостном выражении и определяют сальдо клирингового счета РК в МБТР. Средства, поступающие от водопользователей казахстанской части бассейна р. Сырдарьи поступают в государственный бюджет республики. Часть этих средств, поступающих как плата за доставку воды по территории Казахстана, остается у государства. Из остатка Казахстан выплачивал в пользу Кыргызстана компенсационные расходы на содержание гидротехнических сооружений. Мы предлагаем эти средства также аккумулировать на клиринговом счете в МБТР. Все средства на клиринговом счете направляются, в зависимости от запросов МВЭК, на приобретение угля, выплату компенсационных затрат по содержанию гидротехнических сооружений Нарын-Сырдарьинского комплекса, финансирования закупок электроэнергии на возвратной основе у кыргызской стороны. При этом хозяйствующие субъекты других республик работают только с МВЭК и МБТР. Кроме того, предлагаемая схема является универсальной.

Так, например, в соответствии с межгосударственными соглашениями Кыргызская Республика поставляет попуски доброкачественной воды по р. Сырдарье для ирригационных нужд Казахстана в размере  $X$  км<sup>3</sup>. Объем этого попуска отмечается в Клиринговом Центре. В ответ Кыргызстану необходимо получить  $Y$  тонн угля для работы ТЭЦ в зимний период. Клиринговый Центр на средства, имеющиеся в его распоряжении на клиринговом счете, закупает уголь и отправляет его по назначению.

Предлагаемая схема должна обеспечить реальный сбалансированный товарооборот в рамках МВЭК, и, в конечном счете, разрядить напряженную ситуацию в регионе. Движение финансовых, товарных потоков и энергоносителей должно привести к улучшению работы хозяйствующих субъектов в направлении рационального использования водных ресурсов. А это в свою очередь стабилизирует гидрологический режим р. Сырдарьи приближая его к естественному состоянию.



*Рис.3. Новая схема перераспределения ресурсов (упрощенный вариант).*

Главная функция предлагаемой нами схемы заключается в организации потоков (финансовых, товарных, энергетических, транспортных, людских и т. д.), что позволит обеспечить согласованный ирригационный режим распределения водных и энергетических ресурсов в регионе, в соответствии с оптимизационно-иригационным режимом, прежде всего Токтогульского водохранилища.

Это один из этапов, причем начальных, когда водно-энергетические ресурсы вовлекаются в сферу рыночных отношений через

элементы (хозяйствующие субъекты, водопользователи, банковская система, межгосударственные структуры и т. п.), создающую основу экономического механизма совместного водопользования. Логическим завершением первого этапа, должна стать разработка государствами ЦА коллективной стратегии водопользования и корректировка структурной политики развития отраслей экономики, с акцентацией внимания на сельское хозяйство и энергетику.

Предлагаемая схема управления перераспределением водно-энергетических ресурсов может явиться одним из подходов к решению проблемы формирования межгосударственного экономического механизма распределения водно-энергетических ресурсов р. Сырдарьи, и способна обеспечить реальный сбалансированный товарооборот в рамках МВЭК. Ее преимущество состоит в том, что она учитывает сложившееся территориальное разделение труда и оказывает влияние на совершенствование производственной специализации стран Центральной Азии. Тем самым происходит усиление регионального сотрудничества и развитие экономической интеграции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдужабар Т.А., Перспективы сотрудничества государств центральной Азии по совместному использованию водно-энергетических ресурсов региона. // Материалы II-ой международной научно-практической конференции «Экономическое сотрудничество в Центральной Азии: возможности, формы, механизмы реализации» 2-3 июня 1998 г., г. Бишкек, 1998, – С. 167-170.
2. Бурлибаев М.Ж., Достай Ж.Д., Турсунов А.А. Арало-Сырдарьинский бассейн (Гидроэкологические проблемы, вопросы вододеления) – Алматы: Дәуір – 2001. – С. 21 –50.
3. Маматканов Д.М., Проблемы использования водно-энергетических ресурсов региона в третьем тысячелетии и их межгосударственная интеграция. // Материалы II-ой международной научно-практической конференции «Экономическое сотрудничество в Центральной Азии: возможности, формы, механизмы реализации» 2-3 июня 1998 г., Бишкек, 1998. - С. 155-159.
4. Надыров Ш.М., Бердыгулова Г.Е., Латыпаев Ш.Т. Водные ресурсы трансграничных рек Центральной Азии – как потенциальный источник конфликтов. // Казахстан-Спектр, 2000, № 1 (11). -С. 43-53.

5. Научный отчет ИГ МОН РК "Разработать географические основы водообеспечения природно-хозяйственных систем экологически нестабильных зон республики и дать предложение к оптимизации водохозяйственного комплекса трансграничной р. Сырдарья".-Алматы.-2001г
6. Отчет "Проблемы регулирования, управления и охраны водных ресурсов трансграничной р. Сырдарья. (к выработке позиции Республики Казахстан по проблемам рационального использования и управления водными ресурсами р. Сырдарья)", КИСИ при Президенте РК, Алматы, 1999.- 110 с.
7. Отчет о мировом развитии - 1996: от плана к рынку: Краткое содержание. - М.: Всемирный банк, 1996.-24 с.

Институт географии МОН РК

### **АРАЛДЫҢ ТАБИҒИ-ШАРУАШЫЛЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ ДАМУЫН РЕТТЕУ МЕН БАСҚАРУДАҒЫ МЕМЛЕКЕТАРАЛЫҚ ФАКТОРЛАРДЫҢ РОЛІ**

Геогр. ғылымд. докторы      Г.В. Гельдыева

Геогр. ғылымд. докторы      Ш.М. Надыров

*Мақалада Аралдың табиғи-шаруашылық жүйесінің дамуын реттеу мен басқарудағы мемлекетаралық факторлардың ролі мен маңызы қаралады. Негізгі көңіл Орталық Азия елдеріндегі экологиялық-экономикалық және саяси ахуалдарға аударылады. Табиғатты қорғау проблемаларының шиеленіскен жағдайларда трансшекаралық су-энергетикалық ресурстарды бірлесіп пайдалану жөніндегі мемлекетаралық қатынастарды реттейтін мүмкіндігі бар тәсілдер мен қағидалар анықталады.*

УДК

**КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ  
В БАССЕЙНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ: НАЦИОНАЛЬНЫЕ  
ПЕРСПЕКТИВЫ**

С.К. Ахметов

В Казахстане к бассейну Аральского моря относятся территории Кызылординской и Южно-Казахстанской областей. Главной водной артерией является река Сырдарья. Основной объем стока р.Сырдарьи формируется в верхней и средней частях бассейна на территориях Кыргызской Республики, Республики Узбекистан и Республики Таджикистан.

В казахстанской части бассейна р. Сырдарьи проживает более 2,5 млн. человек (Южно-Казахстанская область – 1,9986 млн. чел., Кызылординская обл. – 601,2 тыс. чел). Сельское хозяйство в этих 2-х областях является основной сферой занятости населения.

Южно-Казахстанская и Кызылординская области являются важнейшими ирригационными районами Казахстана, удельный вес орошаемых земель которых составляет 34,2 % общей орошаемой площади страны. С учетом фактического использования орошаемых земель Северного, Центрального, Восточного Казахстана, доля орошаемых земель в этих областях возрастает до 52%.

Орошаемые земли Южно-Казахстанской и Кызылординской областей играют важную роль в экономике Казахстана. Здесь выращивается весь хлопок, производимый в стране, большие площади заняты под садами, виноградниками и бахчевыми культурами, имеющими высокую рентабельность их возделывания.

В водохозяйственном комплексе Южно-Казахстанской и Кызылординской областей наибольший удельный вес имеет ирригационный сектор, на долю которого приходится до 90% забираемой из источника воды.

В областях завершены работы по реформированию сельского хозяйства и его разгосударствлению. На базе бывших колхозов и совхозов созданы фермерские и крестьянские хозяйства.

Основная часть инфраструктуры водного хозяйства в областях сформировалась к 1985 году, получив свое устойчивое развитие в период

1965-1985 годов, когда союзным правительством были приняты крупномасштабные программы, направленные на ввод новых орошаемых земель и повышение эффективности их использования. Так, если до 1967 г. площадь орошаемых земель в Южно-Казахстанской области составляла 228,9 тыс. га, то к 1985 г. она достигла 465,5 тыс. га, т.е. возросла в 2 раза. В Кызылординской области за этот период площадь орошаемых земель увеличилась со 108,0 тыс. га до 253,3 тыс. га, или более 2 раз.

Протяженность оросительной сети в Южно-Казахстанской области достигла 15,9 тыс. км, из них 2,01 тыс. км составляет межхозяйственная сеть. В расчете на 1 га это составляет соответственно 0,03 и 0,004 км/га. В Кызылординской области протяженность оросительной сети достигает 18,5 тыс. км, из них 2,27 тыс. км межхозяйственная, а в расчете на 1 га соответственно 0,065 и 0,007 км/га. Удельные показатели протяженности сети в Южно-Казахстанской области почти в 2 раза ниже, чем в Кызылординской, что обуславливает меньшие потери воды в каналах и затраты на их ремонт и очистку.

В целом, инфраструктура водного хозяйства областей характеризуется достаточно высоким уровнем. В Южно-Казахстанской области 66,4% орошаемых земель подвешены к инженерным оросительным системам, в Кызылординской области этот показатель выше и составляет 73%. Вместе с тем, из-за большого физического износа всех сооружений и объектов оросительных систем, недопустимо резкого снижения финансирования работ по поддержанию их устойчивого функционирования, в последние 10 лет наблюдался ускоренный выход из строя ряда сооружений. В первую очередь, это касалось каналов с искусственным покрытием, механического оборудования, средств автоматизации и контроля. В конечном итоге, из-за снижения технических условий регулирования водораспределения возросли потери воды как в самой оросительной сети, так и на поле, допускался перерасход поливной воды и ухудшалось мелиоративное состояние орошаемых земель.

В Южно-Казахстанской области из 500,3 га орошаемых земель 208,7 тыс. га (41,7%) требуют проведения мелиоративных мероприятий или улучшения. В Кызылординской области необходимо мелиоративное улучшение на площади 168,5 из 285,9 тыс. га.

В Южно-Казахстанской области свыше 152,8 тыс. га отнесены к засоленному типу почв и 118,0 тыс. га к дефляционно-опасным, т.е. в общей сложности необходимо проведение мелиоративных мероприятий на

площади почти 270 тыс. га или 54% общей орошаемой площади. В Кызылординской области к засоленным почвам отнесено 70,1 тыс. га, заболоченным 66,6% тыс. га, а мелиоративные мероприятия требуется провести на площади 136,7 тыс. га, или 48% всех орошаемых земель.

До 1990 г. улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель придавалось большое значение. Водохозяйственные организации, наряду с вводом новых орошаемых земель осуществляли большие объемы работ по капитальной планировке земель, переустройству оросительных систем, улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель. Начиная с 1966 по 1990 годы, в среднем ежегодно вводилось новых орошаемых земель в Южно-Казахстанской области 7 тыс. га, в отдельные периоды до 10 тыс. га, к концу 90-х годов эти показатели снизились до 2 тыс. га. В Кызылординской области темпы ввода новых орошаемых земель были примерно такие же.

Восстановление потенциала орошаемых земель и ее ирригационной инфраструктуры является важнейшей задачей для решения вопросов продовольственной безопасности, занятости населения, развития перерабатывающей промышленности, малого и среднего бизнеса в сельском хозяйстве и обслуживающих его секторах экономики.

В настоящее время в целях рационального использования водных ресурсов и повышения эффективности и устойчивости функционирования оросительных систем, принимаются меры для поэтапного перехода на самофинансирование водохозяйственного комплекса.

Для установления нормальных экономических взаимоотношений с хозяйствами-водопользователями необходимо определить объем затрат, необходимых для поддержания эксплуатационной надежности водохозяйственных систем и устойчивого их функционирования. Покрытие эксплуатационных затрат должно обеспечить не только требуемый уровень содержания оросительных систем, но и поэтапное их восстановление.

Эффективное использование орошаемых земель даст возможность обеспечить возрастающие потребности в сырье на перспективу. При условии, что существующий лимит водозабора на орошение остается без изменения, требования к технической эксплуатации оросительных систем, сокращению непроизводительных потерь воды и ее экономному использованию должны быть очень жесткими.

Важным фактором роста урожайности сельскохозяйственных культур и высокой продуктивности орошаемых земель является также внедрение водосберегающих технологий с соблюдением агротехнических условий.



Реформирования водохозяйственного комплекса необходимо проводить поэтапно.

На 1-ом этапе до 2010 года практически все основные сооружения должны иметь удовлетворительное техническое состояние, за исключением части объектов внутрихозяйственного назначения и некоторых объектов ирригационной инфраструктуры.

На 2-ом этапе до 2020 года все сооружения и объекты должны находиться в удовлетворительном техническом состоянии и их большая часть должна быть на хорошем техническом уровне. По существу, на этом этапе должно быть полностью завершено восстановление эксплуатационных показателей водохозяйственных систем, необходимых для их устойчивого функционирования и создана эффективно действующая организационная структура службы эксплуатации.

3-й этап предполагает завершение программы восстановления технического уровня эксплуатации водохозяйственных систем к 2030 году. Этап будет отличаться высоким техническим уровнем водохозяйственных систем и организации их эксплуатации.

В части реконструкции и развития водохозяйственных систем в бассейне р. Сырдарья на период до 2030 года необходимо выполнить комплексную реконструкцию внутрихозяйственных оросительных систем на площади 377 тыс. га, одновременно осуществить частичную реконструкцию магистральных и межхозяйственных каналов и коллекторов на длине более 1000 км и целый ряд других работ по улучшению состояния водохозяйственных сооружений.

Комплексная реконструкция оросительных систем должна предусматривать частичную или полную облицовку сети каналов противоточной фильтрацией, широкое применение закрытых трубчатых систем орошения, замену регулирующих сооружений на более совершенные, оснащение системы водоизмерительным оборудованием, устройство закрытого дренажа с переходом на более мелкий, но частый полевой дренаж. Планируется применение прогрессивных материалов и конструкций для каналов и дренажа: полиэтиленовые трубы, полимербетон, бетонно-пленочные облицовки и т.д. Предполагается совершенствование техники полива: массовое применение средств малой механизации, полиэтиленовых, поливных труб, планговых устройств, колесных трубопроводов, капельной техники в садах и виноградниках. В качестве водосберегающих технологий предусматривается широкое внедрение дискретного бороздко-

вого полива с соответствующим оборудованием, полив по горизонтальным глубоким бороздам, планировка земель и др.

По магистральным и межхозяйственным каналам в нерисовой зоне в целях снижения потерь воды намечается увеличить протяженность облицованных участков. По коллекторной сети планируется повсеместно решить проблему нормального водоотведения путем их расчистки, восстановления профиля и сечения и оснащения, где необходимо, механической откачкой воды насосным оборудованием.

Так как почти все массивы орошения на Сырдарье имели целевое направление и, соответственно, оросительная и коллекторно - сбросная сети строились с учетом назначения массива, предлагается, из-за дефицита поливной воды, сократить посевы риса на 21 тыс. га, в том числе по Южно-Казахстанской области на 4 тыс. га, а в Кызылординской - на 17 тыс. га. При этом потребуются переустройство 31 тыс. га орошаемых земель под суходольные (кормовые) культуры.

Для обеспечения потребности на перспективу в продовольствии и сельскохозяйственном сырье предполагается довести орошаемые земли до 806 тыс. га за счет экономии воды, а к 2030 г. в результате повсеместного освоения водосберегающих технологий увеличить площади орошаемых земель до 815 тыс. га. Прирост земель нового орошения составит 28,8 тыс. га, из них в Южно-Казахстанской - 14,7 тыс. га и Кызылординской области - 14,1 тыс. га. Ввод новых орошаемых земель предназначается, главным образом, для расширения площадей под сады, виноградники, овощи и бахчевые с применением капельного, подпочвенного орошения и других водосберегающих технологий. При этом существенно снизятся оросительные нормы сельскохозяйственных культур, что также будет способствовать экономии воды.

В целях предотвращения затопления населенных пунктов, хозяйственных объектов, пропуска повышенных расходов в дельту и Аральское море и накопления воды в Северном море предполагается выполнить следующие работы:

- строительство Кокаральской перемычки для создания Северного моря;
- строительство комплекса сооружений канала Айтек и протоки Караузьяк;
- строительство Аманоткельского и Аклакского сооружений;
- строительство капитальных мостов и реконструкция понтонных переправ;
- расширение и спрямление русла реки;

- ремонтно-восстановительные работы на Кызылординской и Казалинской плотинах;
- усиление и восстановление защитных дамб вдоль р. Сырдарьи;
- реконструкция сооружений Шардаринского водохранилища.

Строительство Кокаральской перемычки для создания Северного моря необходимо для стабилизации Северного Арала. Предлагается отделить акваторию Северного Арала от Большого моря с помощью перемычки в проливе Берга, позволяющей поддерживать уровень Северного моря на отметке 41-45 м, в зависимости от водопритока по Сырдарье. Устройство водосбросного сооружения позволит регулировать уровень моря, сгладить пиковые излишки водопритока и опреснить акваторию. Предполагается, что в результате осуществления этих мероприятий появится возможность улучшения будущего хозяйствования в прибрежной полосе моря, воспроизводство местной фауны и флоры, частичное восстановление рыбного промысла, некоторое смягчение социальных условий жизнедеятельности населения в Приаралье. По разным оценкам водоприток в Северное море может составлять от 2,5 до 4,5-5,0 км<sup>3</sup>. Для заполнения моря до отметок 42-43 м потребуется 12-17 км<sup>3</sup> воды. При средней водности и соблюдении лимитов водозаборов всеми водопотребителями такой объем воды можно накопить за 4-6 лет. В дальнейшем поддержание моря на указанной отметке потребует ежегодного водопритока в объеме 3,3-3,6 км<sup>3</sup>, возможны и другие варианты стабилизации Северного моря в диапазоне отметок 41-45 м, что должно быть оценено с учетом экологических требований моря, его прибрежной зоны и дельты.

Пропуску повышенных расходов, особенно зимних, по р. Сырдарье препятствуют плотина Айтек и головное сооружение Караузьяк, в связи с недостаточной их пропускной способностью. Указанные сооружения расположены в 20 км ниже г. Кызылорды и предназначены для поддержания уровня воды в реке, обеспечивающего командование над орошаемой территорией в периоды глубокого маловодья. Плотина рассчитана на пропуск 300 м<sup>3</sup>/с и представляет собой водослив с консольным сбросом на свайном основании. В голове протоки Караузьяк расположено трубчатое сооружение на пропуск 50 м<sup>3</sup>/с. На островной территории имеются землепользователи трех районов и двух райцентров, а также около 15 тыс. гектаров орошаемых земель. Водоподача на них осуществляется через каналы Айтек и Елтай, суммарной пропускной способностью 50 м<sup>3</sup>/с. На протоке Караузьяк имеются прирусловые перемычки: Байгельды, картонком-

бинат и Кожатай, регулирующие водсотдачу в озера и прилегающие пойменные земли, являющиеся основной кормовой базой для сосредоточенных здесь зимовий.

Вопрос пропуска высоких летних и зимних расходов воды на реке Сырдарье необходимо решать в сочетании с водообеспечением орошаемых земель и сенокосных угодий Караузякского острова. При этом возможны различные варианты, в том числе с насосными станциями подкачки, реконструкцией и продолжением Правобережного Кызылординского магистрального канала, с реконструкцией существующей Айтекской плотины и др.

Для поддержания командного уровня в реке над озерными системами в дельте реки Сырдарьи были построены временные водоподъемные плотины в створе псс. Аманоткель и Аклак. Пропускная способность этих сооружений 150 и 60 м<sup>3</sup>/с. Гидроузел Аманоткель построен в 1977 г. и представляет собой бетонную водосливную плотину. С помощью этого сооружения вода подается в озера Камыслыбас, Лайколь, Раим и Караколь. В настоящее время, из-за аварии правого примыкания плотины, вода идет в обход сооружения по старому руслу.

Гидроузел Аклак представляет собой трубчатое сооружение с затворами. Он обслуживает озера Тушибас, Акбасты и др. Аклакский гидроузел в современном состоянии лимитирует подачу воды в Аральское море.

При прохождении расходов по реке больших 60 м<sup>3</sup>/с перемычка старого русла вскрывается и вода идет в обход. Последующее понижение горизонта воды в реке ведет к тому, что значительная часть скопившейся в озерных системах воды обратным током скатывается в Сырдарью и уходит в море. Уменьшение поступления воды в дельту сократило обводненность всех озер дельты и поймы реки, поставило на грань гибели существование экосистем, до предела обострило социально-экономические и экологические проблемы региона.

Решение вопроса о реконструкции существующих или о строительстве новых сооружений в дельте реки должно решаться с учетом организации подачи воды в озерные системы, сенокосные угодья и другие экосистемы дельты, удовлетворять пропуск паводковых расходов и обеспечить командование в маловодный период.

Участки реки в местах расположения pontонных мостов благоприятны для скопления шуги и льда, которые в суровые зимы, создавая зажоры и заторы, снижают пропускную способность реки. Pontонные мосты, образование путем сужения русла насыпью, еще больше снижают пропу-

скую способность даже в теплые зимы. Поэтому при пропуске повышенных расходов в зимний период они должны разбираться или реконструироваться. На особо важных дорогах республиканского значения и соединяющих райцентры местные органы власти требуют замены понтонных переправ на капитальные мосты.

Расширение русла с дноуглубительными работами предусматривается на заиленных участках русла реки и в местах понтонных переправ. На крутых излучинах реки имеет место подмыв берегов и угроза разрушения близко расположенных населенных пунктов, каналов, дамб и других сооружений. На этих участках предполагается спрямление русла. Спрявление русла также требуется на участках реки, где происходят закорнозаторные явления.

Кызылординский гидроузел построен в 1956 г. для организации водоподачи на Левобережный и Правобережный Кызылординские массивы, а также в Жанадарью для природоохранных и обводнительных целей. Гидроузел, расположенный выше по течению от г. Кызылорды у райцентра Тасбугет, представляет собой водоподъемную железобетонную четырехпролетную плотину пропускной способностью 2000 м<sup>3</sup>/с с левобережным и правобережным регуляторами на 228 м<sup>3</sup>/с и 100 м<sup>3</sup>/с. Отдельным сооружением, размещающимся на левом берегу в верхнем бьефе гидроузла, является головной регулятор на 50 м<sup>3</sup>/с для подачи воды в Жанадарью. Гидроузел используется в качестве автодорожного моста с интенсивным движением междугородного и межгосударственного транспорта. Это в сочетании с длительностью эксплуатации объекта привело к определенному его износу. Нет ясной картины с состоянием нижнего бьефа гидроузла.

Сбросные сооружения не способны работать зимой в регулируемом режиме. Не работает обогрев, есть сложности с подъемом сегментных затворов. Гидромеханическое и электрическое оборудование подлежит капитальному ремонту или замене.

Казалинский гидроузел возведен в 1970 г. в 32 км выше Казалинска. Он представляет собой шлюзовую водоподъемную плотину с пропускной способностью 1000 м<sup>3</sup>/с с Левобережным (100 м<sup>3</sup>/с) и Правобережным (85 м<sup>3</sup>/с) регуляторами и шлюзом для прохода рыбы. Гидромеханическое и электрическое оборудования подлежат капитальному ремонту или замене. Подводящее русло, ограждающие дамбы и водозаборные шлюзы нуждаются в реконструкции. Зимний регулируемый режим невозможен.

На большей части реки Сырдарья от Жана-Коргана до моря, характеризующейся широкой и низкой поймой, пропуск высоких расходов происходит по большей мере за счет выхода воды на пойму. Зимние наводнения наблюдались довольно часто при среднедекадном расходе по реке  $500 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наводнения наносили большой ущерб хозяйственному комплексу, разрушали железную дорогу, подтопляли населенные пункты, районные центры, города Казалинск и Кызылорда.

Для защиты от наводнений вдоль реки в разные годы было построено 690 км защитных дамб. В связи с маловодьем и регулированием стока Шардаринским водохранилищем, по реке проходили расходы, не вызывающие наводнений и дамбы не ремонтировались. Только в многоводные 1993 и 1994 годы, когда Токтогульское водохранилище работало в энергетическом режиме, возникла необходимость сбросить зимой вниз по реке расходы, превышающие  $350 \text{ м}^3/\text{с}$ , но опасность разрушения сооружения Айтек и затопления, прилегающих к реке городов и поселков не позволила это сделать. Для решения вопроса о противопаводковой защите необходимо реконструировать дамбы.

Попуск паводковых расходов в низовье р.Сырдарьи лимитируется пропускной способностью водосбросных сооружений Шардаринского водохранилища. Пропускная способность всех отверстий около  $2500 \text{ м}^3/\text{с}$ , в том числе: 4-х турбин при НПП -  $770 \text{ м}^3/\text{с}$  и 4-х сбросных отверстий -  $1730 \text{ м}^3/\text{с}$ . Но, исходя из условий устойчивости сооружения, сброс не допускается свыше  $1800 \text{ м}^3/\text{с}$ . Избытки воды сбрасываются в Арнасайское понижение через Арнасайский сброс расходами до  $2100 \text{ м}^3/\text{с}$ . Эта вода могла быть пропущена в дельту и Северное Аральское море. Решением вопроса о пропуске воды вниз от Шардарьи вместо сброса в Арнасай может быть устройство дополнительных сбросных сооружений и реконструкция нижнего бьефа существующего гидроузла.

Общая стоимость предлагаемых мероприятий составит в целом по казахстанской части р. Сырдарьи 1 306 222 тыс. дол. США. По объективным экономическим причинам планировать ежегодные инвестиции в таком объеме достаточно сложно и совершенно ясно, что сельхозпроизводители без государственной поддержки не в состоянии вкладывать такие средства в ирригационные системы. Поэтому необходимо определить приоритеты в модернизации и развитии ирригационных систем. Первым этапом этого может быть проведение работ по частичной реконструкции, капитальной промывке земель, защите от подтопления и засоления земель за пределами орошаемых массивов.

Предполагаемые мероприятия по восстановлению и укреплению ирригационной инфраструктуры, по существу, затрагивают весь водохозяйственный комплекс, так как такие сооружения как водохранилища, гидроузлы, магистральные каналы, имеют, как правило, комплексное значение, решая вопросы водообеспечения других отраслей экономики, а также природных объектов. Поэтому, с восстановлением основных элементов ирригационной инфраструктуры будет улучшаться состояние всего водного хозяйства и экологические аспекты водопользования. В этой связи необходимо разграничить участие государства и самих водопользователей в финансировании водохозяйственных мероприятий. Разграничение уровней финансирования водохозяйственного комплекса должно иметь правовое обоснование с тем, чтобы на этой основе выработать усовершенствованную организационную структуру управления водными ресурсами.

Поскольку Южно-Казахстанская и Кызылординская области находятся в нижнем течении бассейна р. Сырдарья, вопросы совместного использования стока реки имеют принципиально важное значение для решения социальных и экономических проблем региона, сохранения Аральского моря как природного объекта.

Проблема водообеспеченности в бассейне реки Сырдарья заключается в том, что ресурсы поверхностных вод в целом по бассейну полностью исчерпаны. Требуется найти достаточные резервы воды для нормализации экологической ситуации в регионе, а также обеспечения условий для развития экономики молодых суверенных государств, расположенных в бассейне.

Решение проблемы, помимо больших затрат, затрудняется тем, что разработанные к настоящему времени национальные водные стратегии составлены, исходя из условия полного самообеспечения своих стран всеми видами сельскохозяйственной продукции, производимой, в основном на орошаемых землях, без надлежащего учета общерегиональных требований и возможностей.

Совместное использование водных ресурсов реки Сырдарья и ее притоков представляет определенную сложность. Водообеспеченность территории Республики Казахстан, находящейся в ее нижнем течении, в определенной степени зависит от водной политики государств, расположенных выше по течению реки, согласованности регионального взаимодействия и позиций сторон по принципам водodelения.

Для осуществления согласованного порядка использования подноэнергетических ресурсов бассейна реки Сырдарья на ирригационные и

энергетические нужды 17 марта 1998 года принято рамочное Соглашение между правительствами ЦАЭС об использовании водно-энергетических ресурсов бассейна реки Сырдарья. Режим работы водохранилищ, объемы перетоков электроэнергии, поставки энергоносителей утверждаются ежегодными межправительственными соглашениями. При этом, для удовлетворения потребности в поливной воде орошаемых земель юга Казахстана, необходимо принимать кыргызскую электроэнергию, которая дороже электроэнергии, вырабатываемой внутри страны. Компенсация принятой электроэнергии осуществляется встречными поставками карагандинского угля.

Свободный рынок электроэнергии и неконкурентоспособность кыргызской электроэнергии на территории Казахстана не позволяет осуществить прием ее Казахстаном в согласованных объемах. Предложения Казахстана о предоставлении рынка сбыта наравне с собственными энергопроизводителями на конкурсной основе Кыргызстаном не принимается.

В вышеуказанном рамочном Соглашении, наряду с признанием необходимости взаимовыгодных отношений и учета экологической безопасности, тем не менее, по нашему мнению, изначально определяется приоритетность варианта выработки в летний период электроэнергии и компенсационных поставок, без учета последствий зимних попусков воды.

При естественном среднегодовом притоке в створе Токтогульского водохранилища в невегационный период - 2,5 - 3 км<sup>3</sup> и в вегетационный период 8,5 - 9 км<sup>3</sup>, в последние годы зимой осуществляется сброс до 8,5 - 9 км<sup>3</sup>. Тем самым, происходит затопление нижней части Сырдарьи и вынужденный сброс в Арнасайское понижение, с катастрофически отрицательными последствиями. При этом Казахстан и Узбекистан несут дополнительные затраты связанные с ликвидацией последствий искусственного зимнего паводка. Население, расположенное в нижнем и среднем течении реки, изначально ущемляется в правах на справедливое водопользование в вегетационный период.

Серьезной корректировки требует статья 4 Рамочного Соглашения от 1998 года - «Дополнительно выработанная каскадом Нарын-Сырдарьинских ГЭС электрическая энергия, связанная с режимом попусков воды в вегетацию и многолетним регулированием стока в Токтогульском водохранилище, сверх нужд Кыргызской Республики, передается в Республику Казахстан и Республику Узбекистан поровну»

Во-первых, правильнее было бы вести речь об электроэнергии, связанной с попусками воды из Токтогульского водохранилища сверх ес-



тественных расходов воды в створе реки (т.е. тех расходов воды, которые были бы если река не была зарегулирована).

Во-вторых, формулировка «электрическая энергия передается в Республику Казахстан и Республику Узбекистан поровну» вполне справедливая для многоводных лет, когда эквивалент принимаемой воды составляет до 1200 млн. квт-часов (т.е. до 600 млн. квт-часов на каждую республику), создает тупиковую ситуацию в случаях, когда одной из республик требуется больше воды, чем другой. Поэтому данная формулировка нуждается в дополнении: «Если электрическая энергия... принимается Республикой Казахстан и Республикой Узбекистан не в равных объемах, то распределение водных ресурсов осуществляется пропорционально принятой электроэнергии». Такие дополнения в рамочном соглашении позволят, сохраняя принцип независимости государств, заключать более гибкие ежегодные межгосударственные соглашения об использовании водно-энергетических ресурсов бассейна реки Сырдарья, тем самым исключая возможные конфликты интересов.

В соответствии с достигнутыми Главами государств ЦАЭС договоренностями все ранее принятые договора, соглашения и другие нормативные акты, регулирующие взаимоотношения между странами по водным ресурсам в бассейне Арала принимаются к неуклонному исполнению. При этом предполагается, что распределение воды из реки Сырдарья осуществляется следующим образом: Республика Казахстан - 42%, Кыргызская Республики - 0,5 %, Республика Таджикистан - 7 %, Республика Узбекистан - 50,5 %. Установленный гарантированный лимит среднемноголетнего притока к Шардаринскому водохранилищу в размере 12 км<sup>3</sup> в год с допускаемым снижением в маловодные годы при гарантированной обеспеченности 90 % до 10 км<sup>3</sup>. Указанные объемы притока должны обеспечиваться при необходимости за счет пусков воды из вышерасположенных водохранилищ. Представляется целесообразным и эти положения закрепить межгосударственными соглашениями.

В створе Шардары должно быть обеспечено соответствующее качество воды - минерализацией не более 1 г/л. Принцип справедливого распределения водных ресурсов совместного использования в наших будущих взаимоотношениях должен найти оптимальный подход, учитывающий интересы всех сторон, должен действовать принцип "не навреди", учет интересов экологии.

Зачастую в комплекс проблем вододеления, кроме технических, правовых и экологических проблем добавляется вмешательство государственных органов отдельных республик в среднем течении в распределение водных ресурсов. Между тем, в соответствии с межгосударственными соглашениями это является прерогативой МКВК и ее исполнительных органов Бассейновое водохозяйственное объединение (БВО) «Сырдарья» и «Амударья».

В Южно-Казахстанской области по земельному фонду имеется в наличии 500,4 тыс. га орошаемых земель, в том числе 125,3 тыс. га расположены в Махтааральском районе. Вода на орошаемые земли района подается из магистрального канала "Достык", головное водозаборное сооружение которого находится на территории Республики Узбекистан. Регулирование водоподдачи по каналу осуществляет БВО "Сырдарья". Во временное пользование БВО "Сырдарья" переданы следующие водохозяйственные объекты Республики Казахстан: Головное сооружение Большого магистрального Келесского канала с участком канала до ПК 4+00, Головное сооружение канала Ханым с участком канала до ПК 2+50, Головное сооружение канала Зах с участком канала до ПК 2+50, Канал Достык с сооружениями, протяженностью 48 км.

БВО "Сырдарья" является исполнительным органом МКВК и финансируется на условиях паритета и долевого участия каждой республики, в зависимости от объемов использования воды. БВО должно осуществлять оперативное диспетчерское управление водными ресурсами бассейна и оперативный контроль за соблюдением лимитов водозаборов, устанавливаемых МКВК, в состав которой входит и представитель Казахстана. Однако в последние годы свои регулирующие функции, как межгосударственный орган БВО "Сырдарья" осуществляет недостаточно. Особенно ущемляется потребность в воде казахстанской части канала "Достык", не выдерживает никакой критики соблюдение притока воды к Шардаринскому водохранилищу, ее качество в вегетационный период.

Не всегда выглядит прозрачным процесс распределения воды между государствами по участкам рек. Здесь необходимо ускорить принятие согласованных решений по следующим направлениям:

- Усиление роли, статуса БВО, с преобразованием его в международную администрацию по этим рекам.
- Ротация руководящего состава с включением представителей заинтересованных стран.

- Принятие правового документа обуславливающего полновесный обмен достоверной информацией.

В среднесрочном плане проблема качества воды приобретает даже большее значение, нежели проблема количества воды. Это относится к проблеме минерализации воды. Минерализация воды рассматривается как важнейшая проблема для управления водными ресурсами бассейна в следующем десятилетии. Реки переносят 140 млн. тонн соли в год, что частично вызвано естественным стоком, а частично является следствием широкого развития орошения. В результате недостаточного дренирования в одних районах и чрезмерно глубокого дренирования в других мобилизация соли из почвенного разреза значительно превышает принятые международные нормы. Если не принимать соответствующих мер, проблема сильной минерализации воды может перекинуться из водосборов нижнего течения в весьма производительные водосборы среднего течения.

Проблема минерализации воды является сложной: как нет одного источника этой проблемы, так нет и одного ее решения. В этом контексте предстоящее осуществление Проекта рационального использования водных ресурсов и окружающей среды Всемирного банка, финансируемого Глобальным экологическим фондом (ГЭФ), и средства по линии нескольких других доноров послужат основой для проведения технической оценки, что позволит осуществить сбор и анализ данных в целях разработки стратегии в области минерализации воды.

Предполагаемая стратегия должна послужить основой для заключения центральноазиатскими республиками соглашения по вопросу о минерализации воды, состоянии и количестве возвратных вод. Осуществление предполагаемого проекта позволит установить нормы минерализации и определить на обеих реках места для контроля за уровнем минерализации. Оно также поможет различным государствам провести оценку расходов на случай различных уровней минерализации, которые потенциально могут иметь место. Это представляется важным, поскольку государства нижнего течения получают основную выгоду от выполнения программы по регулированию минерализации воды, а государства верхнего течения должны будут принять строгие меры по решению этой проблемы.

В Нукусской декларации, принятой в сентябре 1995 года, главы государств Центральной Азии заявили о своей готовности провести переговоры с целью заключения Конвенции об устойчивом развитии и вновь заявили об этом решении в феврале 1997 года, отметив, что они надеются

на соответствующую помощь со стороны ПРООН и ЮНЕП. Хотя еще не ясно, следует ли выработать конвенцию или программу работы, этот документ также должен содействовать укреплению правовой основы водопользования, а его реализация должна способствовать выделению финансовых средств на достижение этих целей.

В Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер, принятой 17 марта 1992 года и вступившей в силу 6 октября 1996 года, предусматривается основа для разработки новых стратегий решения трансграничных экологических проблем, связанных с водными ресурсами. Ни одно из государств Центральной Азии еще не является стороной этой Конвенции, хотя она могла бы обеспечить руководящие принципы для разработки и претворения в практику устойчивой политики и стратегии в области водных ресурсов. Применение таких принципов, как принцип "загрязнитель платит" (то есть расходы на профилактические мероприятия и меры по смягчению последствий несет загрязнитель) и участие всех ключевых представителей общественности, как это объявлено в Хельсинкской конвенции, является важным средством разработки таких стратегий эффективного водопользования. Другие стратегии могли бы охватывать защиту экосистем в дельтах Амударьи и Сырдарьи и предотвращение опустынивания этих районов на основе экосистемного подхода к управлению водными ресурсами, закрепленного в Хельсинкской конвенции. В Конвенции также предусматриваются механизмы разрешения споров по вопросам, подпадающим под действие Конвенции.

Центральноазиатские республики признали необходимость укрепления существующей институциональной и нормативной основы и приспособления ее к новым требованиям, а сообщество доноров предоставило помощь для достижения этой цели. Европейский союз, ПРООН, Всемирный банк и другие доноры предоставили существенную поддержку для создания потенциала на региональном уровне. Однако для того, чтобы юридические документы могли достичь своей цели, они должны быть увязаны друг с другом и быть взаимодополняемыми.

Это укрепило бы как процесс принятия решений, так и конкретное их воплощение. Это было бы также важным для отлаживания институциональной основы, чтобы она строилась в соответствии с потребностями комплексного управления, в частности в том, что касается совместного решения проблем количества и качества воды.

Определенная работа проводится, но для достижения этой цели еще остается немало сделать, и в частности создать всеобъемлющую правовую основу комплексного управления международными водными ресурсами бассейна Аральского моря, определить основные принципы совместного использования с учетом накопленного опыта и международных норм.

Нерешенность вышеприведенных проблем на настоящее время вынуждает изыскивать альтернативные пути, такие как идея создания водно-энергетического консорциума. Создание МВЭК позволило бы на уровне хозяйствующих субъектов, заинтересованных министерств и частных лиц, получать определенные экономические выгоды от использования вод реки Сырдарья.

Особое внимание следует уделить необходимости совершенствования правовой базы ежегодно заключаемых Соглашений.

Государства Центральной Азии имеют различные интересы с точки зрения водопользования, связанные либо с орошением, либо с развитием гидроэлектростанций. В этом плане, несмотря на то, что в советское время обязались соблюдать согласованный режим и подтвердили это в последующие годы независимости, по-прежнему существуют основания для неопределенности и различия в практике водопользования, которые могут быть источником конфликтов. Так как:

- критерии совместного использования водных ресурсов четко не зафиксированы;
- проблема водохранилищ и экономические и социальные потребности региона в воде являются потенциальными источниками конфликтов;
- водные ресурсы по-прежнему используются довольно неэффективно;
- становится все более и более очевидной необходимость введения количественно измеримого объема минимального стока воды в Аральское море.

До сих пор отсутствует надлежащий механизм разрешения споров на случай возникновения конфликтов.

Водная стратегия в бассейне Сырдарьи и всего Аральского моря базируется на признании общности интересов в развитии, сохране и использовании водных ресурсов каждого государства. При этом представляется важным в рамках этой стратегии определить общерегиональные принципы использования водных ресурсов, исходя из того, что:

располагаемые здесь водные ресурсы являются ограниченными и подопотребляющие производства необходимо переводить на ин-

тенсивный водосберегающий путь развития. Высвобождаемые водные ресурсы при этом должны направляться на поддержание Аральского моря и дельты Сырдарьи, оздоровление экологической обстановки в бассейне и обеспечение растущих потребностей населения и отраслей экономики;

Аральское море, экосистема дельты р. Сырдарьи и природный комплекс Приаралья должны рассматриваться в качестве самостоятельных и правомочных водопотребителей, потребность которых в воде определяется с учетом общерегиональных экологических и социально-экономических интересов;

приоритеты новых орошаемых площадей в ближайшей перспективе не должны предусматриваться, должен быть осуществлен комплекс мероприятий по охране водных и земельных ресурсов от загрязнения и истощения, включая совершенствование экономического механизма водопользования;

водоснабжение населения, особенно сельского, должно осуществляться на базе широкого применения эффективного оборудования и технологий по подготовке, очистке и доставке воды. В числе первоочередных мер следует предусмотреть усиление санитарного контроля качества водных источников.

В последнее десятилетие принят ряд законодательных актов по регулированию использования водных ресурсов трансграничных рек. Однако, существующие в настоящее время межгосударственные, межправительственные международные договоры, а по ряду вопросов их отсутствие, свидетельствует о том, что международное сотрудничество государств Центральной Азии по проблемам Арала и Приаралья еще не достигло уровня, необходимого для эффективного решения практических задач. Такой вывод подтверждает и Ашгабатская декларация, принятая Главами государств Центральной Азии 9 апреля 1999г. в г. Ашгабаде, которая отметила, что принимаемые в настоящее время усилия по решению проблем Аральского моря крайне недостаточны.

На трансграничных водотоках, согласно действующим соглашениям и договоренностям, нормам международного права, сопредельные государства должны придерживаться следующих основных принципов:

обеспечение гарантированной водоподачи с расчетным объемом потребления на расчетном уровне, прежде всего объектов коммунального водоснабжения, затем промышленности, теплоэнергетики и рыбного хозяйства. Снабжение населения и объектов жизнеобеспечения качествен-

ной водой является приоритетным при распределении водных ресурсов трансграничных водотоков;

при всей сложности водной проблемы ни одна сторона не должна наносить другой какого-либо ущерба;

все стороны обладают одинаковыми правами на пользование водными ресурсами и более выгодные природно-гидрологические условия в верхнем течении трансграничных водотоков не должны быть инструментом для получения политических и экономических выгод;

ранее принятые соглашения и обязательства, регулирующие совместное использование трансграничных водных ресурсов, признаны действующими, поэтому существующие условия вододеления, имея такую правовую основу, должны строго соблюдаться.

По существу, тем самым, все сопредельные государства должны придерживаться основных положений Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 17 марта 1992 г.). Для Казахстана, как страны, расположенной в нижнем течении трансграничных рек, было бы очень важно, чтобы все сопредельные государства юридически оформили присоединение к этой Конвенции в соответствии с международными нормами.

Комитет по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства

**АРАЛ ТЕНІЗІ АЛАБЫНДАҒЫ ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ СУ  
РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУДЫҢ БАСТЫ МӘСЕЛЕЛЕРІ МЕН  
СТРАТЕГИЯЛЫҚ БАҒЫТТАРЫ: ҰЛТТЫҚ КЕЛЕШЕГІ**

С.К. Ахметов

УДК 557.4

**К КЛАССИФИКАЦИИ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ  
(В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ)**

Доктор техн. наук

А.К. Заурбек

С.Ж. Сулейменова

*Анализируются существующие классификации природоохранных мероприятий для отдельных составляющих природной среды. Дополнены существующие и сделана попытка систематизации мероприятий по охране окружающей среды.*

Сложившаяся система управления в отраслях экономики, в том числе в мелиорации и в водном хозяйстве, в основном, ориентированы на бесплатное природопользование. Не сформированы надлежащие хозяйственные механизмы и нет рычагов стимулирования рационального и экономного использования природных ресурсов. Тем самым «потребитель» по использованию любого вида природного ресурса не заинтересован в соблюдении принципов рационального природопользования и не заботится о сохранении экологического равновесия в природной среде.

В результате повсеместно наблюдается изменение водно-физических свойств почвы, истощаются и загрязняются водные ресурсы, ухудшается качество атмосферного воздуха, разрушаются и видоизменяются природные ландшафты, наносится колоссальный ущерб флоре и фауне и в целом окружающей человека среде. Поэтому почти во всех регионах Казахстана образовались экологически кризисные ситуации. Необходимы кардинальные меры по решению фундаментальных проблем современности - оздоровление экологической обстановки и предотвращение экологического бедствия на отдельных территориях Казахстана.

Поэтому первоочередной задачей являются разработка концепции о природопользовании в Республике Казахстан. В свою очередь, до формирования концепции природопользования должны решаться следующие задачи:

- разработка совершенных критериев по оценке экологической или социально-эколого-экономической обстановки на анализируемой территории;
- районирование территории Казахстана по экологическим обстановкам;
- классификация природоохранных мероприятий;



- разработка первоочередных мероприятий по оздоровлению экологической обстановки и определение очередности их осуществления;
- разработка методов оценки ущербов окружающей человека среды для случаев использования, истощения и загрязнения природных ресурсов;
- разработка принципов обоснования социально-эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий.

Под охраной окружающей среды понимается комплекс политических, законодательных, правовых, исторических, социальных, экономических, экологических, организационных, общественных и частных мероприятий, направленных на рациональное использование природных ресурсов, на охрану их от истощения, разрушения, засорения и загрязнения, на поддержание и восстановление функциональной деятельности природных территориальных комплексов с целью обеспечения экологической безопасности в биосфере или в отдельных её средах.

Единичные, комплексные или совокупные мероприятия направленные на охрану окружающей человека среды или какой-то ее части, принято называть природоохранными мероприятиями.

Природоохранные мероприятия можно классифицировать по следующим признакам:

1. по направлению осуществляемых мероприятий: политический, законодательно-правовой, исторический, общественный, организационный, социальный, экологический (аналитический, биологический, географический, динамический, космический, прикладной, промышленный, сельскохозяйственный, человеческий и др.), экономический;
2. по уровню проводимых исследований: макроэкологический, мезоэкологический, микроэкологический;
3. по изучаемым объектам: природный, антропогенный, природно-антропогенный;
4. по масштабам проводимых природоохранных мероприятий: глобальный (мировой), межгосударственный, государственный, региональный, зональный, бассейновый, локальный, объектный, точечный;
5. по предмету изучения: биосфера, экосистема, популяция, организмы, микроорганизмы;
6. по уровню значимости для народного хозяйства: народнохозяйственный, межотраслевой, отраслевой;
7. по уровню улучшения состояния качества природных ресурсов, соответствующие: мировым стандартам, фоновому качеству, государст-

венным нормативным требованиям, нормативным требованиям отрасли (местности);

8. по уровню восстановления количества природных ресурсов: природный (естественный), оптимальный, минимально необходимый, критический, нулевой;
9. по инициативности проводимых мероприятий: мирового сообщества, межгосударственный, государственный, отраслевой, локальный, общественный, частный;
10. по направлению решаемых задач: рациональное использование природных ресурсов, охрана от истощения, охрана от разрушения, охрана от загрязнения, сохранение и восстановление устойчивости экологических систем;
11. по источникам финансирования: иностранная инвестиция, межгосударственное, государственное, отраслевое, местное, общественное, частное.

Проектируемые природоохранные мероприятия в зависимости от изучаемого объекта подразделяются:

- природоохранные мероприятия, осуществляемые непосредственно на источниках воздействия на состояние окружающей среды, т.е. на антропогенном объекте;

- природоохранные мероприятия, осуществляемые на объектах отражения влияния загрязнения окружающей среды (на природных объектах);

- природоохранные мероприятия, осуществляемые как на антропогенном, так и на природных объектах.

Природоохранные мероприятия, осуществляемые на антропогенных объектах можно подразделять на четыре группы:

1. мероприятия по разработке, улучшению и совершенствованию технологических процессов по использованию природных ресурсов; внедрению совершенных систем обеспечения и отвода использованных ресурсов природы;
2. мероприятия по очистке отходов производства (твердых, жидких, газообразных и др.);
3. мероприятия по улучшению состояния природной среды в зонах сброса, выброса и накопления отходов производства (твердых, жидких, газообразных и др.);

4. мероприятия по стимулированию рационального использования и охраны природных ресурсов.

Природоохранные мероприятия, проводимые на природных объектах, можно подразделять на следующие:

1. мероприятия, направленные на сохранение и поддержание экологического равновесия природных территориальных комплексов на рассматриваемой территории;
2. мероприятия, направленные на восстановление экологического равновесия природных территориальных комплексов на рассматриваемой территории.

Под водоохранной деятельностью понимается комплекс мероприятий, направленных на охрану и воспроизводство водных ресурсов [8]. Водоохранные мероприятия на современном этапе подразделяются на три группы [5]. В соответствии с существующей классификацией выделяются следующие виды водоохранных мероприятий:

1. группа мероприятий, направленных на совершенствование производственных процессов, на предотвращение сброса сточных вод в водоемы (передовая технология производственного процесса, оборотное водоснабжение, повторное использование воды).

2. группа мероприятий охватывает методы обезвреживания сточных вод (все виды очистки сточных вод; орошение сточными водами пастбищ, сенокосов и т.п.; выпуск сточных вод на поля фильтрации; сброс в пруды- накопители; закачка в водонепроницаемые пласты земных пород; выпаривание; сжигание);

3. группа мероприятий объединяют меры борьбы с загрязнением водных ресурсов, осуществляемые непосредственно в водных объектах (санитарные попуски из водохранилищ; аэрация; биологическая мелиорация вод; очистка водной поверхности от плавающих примесей).

Но, есть предложения по объединению этих групп мероприятий всего в две группы [8]:

- «индивидуальные» водоохранные мероприятия (ИВМ), осуществляемые непосредственно у водопотребителя;

- «региональные» водоохранные мероприятия (РВМ), осуществляемые непосредственно в водных объектах.

В выдвигаемых классификациях нет отдельных групп водоохранных мероприятий. Поэтому существующие мероприятия необходимо дополнить следующими группами:

1. мероприятия, направленные на охрану водных ресурсов от истощения (водосберегающие мероприятия, природоохранный сток оставляемый в водном источнике, руслерегулирующие мероприятия, прибрежные водоохранные полосы и водоохранные зоны, мероприятия по использованию нетрадиционных водных источников: почвенной влаги, искусственное осаждение осадков, частичная отработка запасов воды, озер и ледников, использование вековых запасов подземных вод, использование соленых вод озер, морей);
2. мероприятия по регулированию гидрологического и гидрохимического режимов водного источника (регулирование речного стока - контррегулирующие водохранилища; территориальное перераспределение стока, использование не связанных с поверхностным стоком подземных вод: естественных и эксплуатационных запасов; использование минерализованных вод; использование сточных вод и др.);
3. мероприятия по интенсификации самоочищающей способности водотока (самоочищающая способность водотока; процессы смешения речной воды со сточными водами; мероприятия по интенсификации процессов смещения воды; предельно-допустимые сбросы в водоприемники и др.);
4. мероприятия по стимулированию рационального использования и охраны водных ресурсов (плата за водный ресурс, нормативы платы за истощение и загрязнение воды, дифференцированные нормативы платы за использование воды, критерии оценки загрязнения и истощения воды, обоснование социально - эколого-экономической эффективности водохозяйственных и водоохранных мероприятий и др.);

Природоохранные мероприятия по охране земельных ресурсов.

Выделено 8 групп мероприятий по охране почвенного покрова [1].

1. Предупреждение или регулирование поверхностного стока.
2. Повышение противозрозийной устойчивости почв.
3. Повышение почвозащитной роли растительного покрова.
4. Меры по предупреждению эрозии, приемы восстановления плодородия смытых почв и мелиорации земель.
5. Системы организационно-хозяйственных, агро-мелиоративных, лесомелиоративных и гидромелиоративных мероприятий.
6. В разных природных условиях - различные меры защиты почв от эрозии и научно-обоснованные виды мелиорации эродированных земель.
7. Необходимость учета экономического фактора.

## 8. Необходимость учета экологического фактора.

В нормативном документе [4] природоохранные мероприятия по охране земельных ресурсов приводятся по видам составляющих окружающей среды:

- охрана водных ресурсов (прибрежные водосхранные зоны; основные мероприятия по улучшению показателей качества вод и характеристик речного стока; основные меры по предотвращению зарастания водоемов; основные мероприятия по охране вод на оросительных системах; самоочищающая способность водотока; предотвращение загрязнения водоприемников мелиоративных систем);
- охрана воздушной среды (основные методы борьбы с загрязнением воздуха пылью и другими веществами над мелиорируемыми территориями; мероприятия капитального характера; мероприятия на период эксплуатации мелиоративных систем);
- охрана растительности (заповедные территории и др.);
- охрана животного мира (сохранение природных условий на отдельных территориях; резерваты; заповедники, положенные выходы на каналах; переходы для диких животных через линейно-протяженные сооружения; рыбозащитные мероприятия и др.);
- охрана ландшафтов (проектирование рациональных форм конфигурации орошаемых полей и эстетичных гидротехнических объектов; сохранение отдельных элементов ландшафта, памятников, различных природных и архитектурных объектов; посадка деревьев, закладка лесных массивов возле гидротехнических сооружений и для прикрытия неудобных и незстетичных местностей и др.).

Анализ мероприятий по охране почвенного покрова показывает, что наиболее обоснованы рекомендуемые мероприятия, осуществляемые по видам составляющих окружающей среды, приведенные в нормативном документе [4]. Однако, их следует дополнить следующими группами мероприятий:

- мероприятия по защите почв от загрязнения, переносимого атмосферным воздухом, водными ресурсами источника водоснабжения и трансграничными реками;

- мероприятия по повышению устойчивости почвенного покрова и эрозионным процессам (почвозащитная способность почвы, сельскохозяйственных культур, севооборотного массива и др.);

мероприятия по стимулированию рационального использования и охраны земельных ресурсов (оценка продуктивности и качества земельных ресурсов; уменьшение землеемкости предприятий; плата за использование, истощение и загрязнение земельных ресурсов; дифференцированные нормативы платы за использование земель; оптимизация размещения производственных и иных предприятий на землях различных назначений; эколого-экономическое обоснование эффективности мероприятий по рациональному использованию и охране земельных ресурсов).

Мероприятия по охране атмосферного воздуха сгруппированы в три большие группы [2]:

1. мероприятия по снижению валового количества загрязнений, поступающих в атмосферу (совершенствование технологических процессов; улучшение качества топлива; меры борьбы с загрязнением воздуха);
2. мероприятия по защите атмосферы путем рассеивания, обработки и нейтрализации вредных выбросов (сооружение сверх высоких труб; очистные сооружения; бактериальное разложение загрязнений; гидротермические и турбулентные условия нейтрализации и рассеивания вредных выбросов; поглощение загрязнений растительностью и др.);
3. мероприятия по предотвращению загрязнения атмосферы путем рационального, дисперсного размещения «грязных» предприятий-источников вредных выбросов с учетом природной обстановки и потенциальной возможности загрязнения воздуха.

Необходимо дополнительно включить следующие мероприятия:

1. мероприятия по оптимизации размещения транспортных, производственных и других видов предприятий в пределах и вокруг промышленных и иных видов центров (дифференцированные нормативы допустимых нагрузок на составляющие окружающей среды и на зоны различного назначения; оптимизация предельно-допустимых объемов выброса (сброса) на окружающую среду; санитарно-защитные зоны и их обустройство и др.);
2. мероприятия по регулированию расхода атмосферного воздуха на выпуск единицы продукции (критерии оценки качества атмосферного воздуха, эколого-экономическая эффективность мероприятий по использованию, охране атмосферного воздуха от истощения и загрязнения; нормирование расхода составляющих атмосферного воздуха на производство единицы продукции).

Социально-эколого-экономическая политика в области природопользования развита в трудах многих ученых: А.Г. Аганбегян, Д.М. Гвишиан, А.А. Горелов, Я. Кайя, Б.Н. Ласкорин, В. Леонтьев, Д. Медоуз и др., М. Месарович, Э. Пестель, Н.Ф. Реймерс, П. Робертсон, Ж.С. Садыков, А.В. Сидоренко, У.М. Султангазин, Я. Тинбсрген, С.Т. Тлеубергенов, А.А. Турсунов, Дж. Форрестер, Т.С. Хачатуров, А.О. Эзера и др.

Из истории развития нашей планеты явствует, что экологическая обстановка не была всегда одной и той же [6, 7]. Она менялась в силу изменения внешних воздействий на окружающую человека среду. Тем самым устойчивость природных систем переходит из одного устойчивого равновесного состояния к другому. Поэтому на современном этапе развития общества, а, возможно, с учетом перспективы развития народного хозяйства, необходимо обосновать новое равновесное состояние биосферы в целом и природной среды в Республике Казахстан, в частности.

Основная группа ученых в соответствии с развитием общества и, как следствие повышения многолетней температуры атмосферного воздуха Земли на (2...4 °С), прогнозируют, что ожидается дальнейшее «потепление» нашей планеты. Однако, отдельные ученые, в частности профессор А.А. Турсунов [7] утверждает, что в перспективе ожидается не «потепление» климата, а «похолодание». При этом надо учесть, что концепция «потепление» климата сформировалась на основании увеличения доли углекислого газа и, соответственного, уменьшения доли кислорода в атмосферном воздухе. Профессор А.А. Турсунов [7] свою концепцию обосновывает тем, что опасно не столько увеличение доли углекислого газа, сколько увеличение в результате антропогенной деятельности отдельных видов инертных газов (фреон и др.) в атмосферном воздухе.

Можно констатировать, что на планете происходили сильные изменения. На начальном этапе развития жизни на Земле наблюдался свой уровень равновесного состояния (назовем его «О» уровнем). В дальнейшем после появления кислорода в воздухе и возникновения самой жизни на Земле (порядка 2700 млн. лет до нашей эры [6]), формулировалось - новое равновесное состояние (обозначим, как «I» уровень). Современное содержание кислорода образовалось в каменноугольный период (400 млн. лет до нашей эры) [6]. Этот уровень равновесного состояния на нашей планете можно обозначить, как «II» уровень.

Современный уровень состояния биосферы можно характеризовать, как неустойчивый, неравновесный, как переходный период в стадию

нового равновесного состояния. Новое равновесное состояние может сформироваться в недалеком будущем, очевидно при стабилизации численности населения нашей планеты в пределах 8...10 млрд. человек. При этом можно подчеркнуть некоторые условно устойчивые равновесные состояния биосферы:

- первобытно общинный строй, уровень «I<sup>a</sup>»;
- возникновение капиталистического строя, уровень «I<sup>b</sup>»;
- разработка атомных и водородных бомб, уровень «I<sup>b</sup>»;
- уровень развития общества в преддверии 21 века, уровень «I<sup>c</sup>».

Таким образом, необходимо обосновать возможность формирования нового равновесного состояния на нашей планете на рубеже 21 века. Если, это возможно, то необходимо установить, и, по возможности, предвидеть и предугадать параметры нового равновесного состояния на нашей планете. То есть, установить возможные оптимальные уровни использования природных ресурсов, и тем самым возможные допустимые уровни нагрузки на отдельные составляющие окружающей среды. Обосновать оптимальные уровни использования природных ресурсов и возможное состояние окружающей среды при сформулированных схемах использования природных ресурсов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВТР-II-2.3.-80. Руководство по разработке раздела «Охрана природы» в составе проекта мелиорации земель. – М.: 1980.-58с.
2. Горелов А.А. Экология: Учебное пособие. – М.: Центр, 1998. – 240с.
3. Жилко В.В. Основные пути сохранения почв. //Сохранение почв/ А.И. Мурашко, Е.А. Стельмашак, В.В. Жилко и др.; Под ред. А.И. Мурашко. – Мн.: Ураджай, 1989.-232с. – С. 46-64
4. Милованова Е.В., Рябчиков А.М. Географические аспекты охраны природы. – М.: Мысль, 1979.-293с.
5. Пособие по составлению раздела проекта (рабочего проекта) «Охрана окружающей природной среды» (к СНиП 1.02.01.-85). – М.: ЦНИИ-проект, 1988.-187с.
6. Сидоренко А.В. Охрана окружающей среды и рациональное природопользование природных ресурсов в СССР // Общество и природная среда. – М.: Знание, 1980.- С. 32-43.
7. Турсунов А.А. Аральская катастрофа и климатические тенденции в Центральной Азии //Водные проблемы аридных территорий //Тр. института водных проблем АН РУз. – Ташк., - 1995.-3. – С. 28-48.



8. Ушаков Е.П., Закиров Н.К., Ташматов З.Х. Экономико-математический анализ проблемы оптимизации водоохранных мероприятий. – Водные ресурсы, №4, 1982.-С.116-127.

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати  
Центрально-Азиатский университет

### **ТАБИҒАТ ҚОРҒАУ ШАРАЛАРЫН ЖҮЙЕЛЕУГЕ**

Техн. ғылымд. докторы Ә.К. Зәүірбек  
С.Ж. Сулейменова

*Табиғи ортаның кейбір құрамдастарының табиғат қорғау шаралары жүйесіне талдау жасалған.*

*Табиғат қорғау шаралары толықтырылған және қоршаған ортаны қорғау шараларын бір жүйеге келтіру әрекеттері қарастырылған.*

УДК 631.67

**ЭКОНОМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ВОДНО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬИ**

Л.Ж. Мустафаева

*На основе системно-структурного анализа данных по использованию водно-земельных ресурсов бассейна реки Сырдарья, даны оценки эффективности их через коэффициента экономической устойчивости.*

Исследование вопросов, связанных с эффективным, рациональным и экономным использованием природных ресурсов крупных территорий бассейна Аральского моря, в том числе реки Сырдарья, в условиях антропогенной деятельности человечества, в рамках общей проблемы сбалансированного использования природных ресурсов и охраны окружающей среды приобретает особое значение. Актуальность их разработки обуславливается также тем, что поступающие в бассейн Аральского моря все стоки водных источников полностью зарегулированы и, в связи с дефицитом водных ресурсов, многократно используется для нужд народного хозяйства стран Центральной Азии [2]. В результате происходит высыхание Аральского моря и экологический кризис в бассейнах рек Сырдарья и Амударья. В настоящее время это относится к числу глобальных проблем науки природопользования и экологии.

Несмотря на проводимые крупномасштабные многоплановые исследования в бассейне Аральского моря с привлечением зарубежных инвесторов, дать исчерпывающий ответ на вопрос о влиянии тех или иных водохозяйственных и мелиоративных объектов на экологическую обстановку, направления и тенденцию их изменения, на климат, гидрогеологические и гидрохимические условия местности, жизнь растений, животных и человека не смогли. До сих пор не располагают достоверной научной информацией и эмпирическими данными ни экологи, ни экономисты, ни специалисты других областей естественных и технических наук, а без них нельзя произвести достоверную комплексную эколого-экономическую оценку антропогенной деятельности человека, направленную на преобразование природной среды. Тем не менее, в настоящее время, практически всевозможные техно-

генные нарушения природной системы и отрицательные последствия водохозяйственного и мелиоративного строительства в достаточной степени изучены [3, 4, 5, 8, 9, 10]. В первую очередь это касается влияния антропогенной деятельности и техногенной нагрузки на биоэкономические и экологические системы природной среды, в том числе на социально-экологическую среду, гидрологические циклы, природно-климатические условия и почвообразовательный процесс на орошаемых землях.

Вся человеческая история связана с использованием земельных и водных ресурсов. Четко прослеживается и подтверждается историческими фактами. Ранние цивилизации возникали около крупных рек с благоприятными агроклиматическими условиями – Тигр и Евфрат в Месопотамии, Нил в Египте, Инд и Ганг на Индостанском полуострове, Хуанхэ и Янцзы в Китае, Сырдарья и Амударья в Центральной Азии.

Как известно, территория бассейна реки Сырдарья – одна из древнейших районов орошаемого земледелия Центральной Азии. Благоприятные природно-климатические условия и естественное плодородие почв способствует развитию сельскохозяйственного производства (табл. 1).

Таблица 1

Земельный фонд бассейна реки Сырдарья

Республика	Площадь, тыс. га	В том числе		
		орошаемые	свободные	всего
Узбекистан	6019	1285	1133	2418
Кыргызстан	11954	323	294	617
Таджикистан	1232	152	207	359
Казахстан	25188	440	6549	9989
Итого	44393	2200	8183	13383

В бассейне Сырдарья площадь орошения в период с 1930 по 1960 годы увеличилась в 1 раз, а с 1960 по 1985 годы в 2 раза (табл. 2), в том числе с начала 1960 года площадь орошаемых земель в Узбекистане увеличилась в 1,36 раза, в Кыргызстане в 1,13 раза, в Таджикистане в 1,63 раза и в Казахстане в 5,72 раза. В целом в бассейне реки Сырдарья площадь орошения достигла в конце 20 века 3,4 млн. га.

За период с 1965 по 1985 годы производство валовой продукции растениеводства на орошаемых землях республик бассейна Сырдарья увеличилось в 1,38 раз, причем в основном за счет расширения площади орошаемых земель в 2,83 раза.

Таблица 2

Динамика площадей орошаемых земель и их интегральной продуктивности в бассейне реки Сырдарьи

Год	Республика				Всего
	Узбекистан	Кыргызстан	Таджикистан	Казахстан	
Площадь орошаемых земель, млн га					
1960	-	-	-	-	1,200
1965	1,378	0,359	0,141	0,103	1,981
1970	1,473	0,362	0,155	0,144	2,000
1975	1,538	0,379	0,166	0,217	2,300
1980	1,799	0,386	0,194	0,321	2,700
1985	1,875	0,406	0,230	0,589	3,100
1990				0,748	3,400
Валовая продукция растениеводства с 1 га орошаемых земель, доллар					
1965	1271	567	1664	380	971
1970	1563	792	1880	545	1195
1975	1742	959	2151	572	1356
1980	1849	986	2409	632	1469
1985	1553	1046	2315	616	1338

В условиях ограниченных водных ресурсов бассейна Сырдарьи, особенное значение имеет эффективность использования воды при орошении сельскохозяйственных культур. Поэтому для выполнения системного анализа эффективности использования водно-земельных ресурсов, на основе статистических данных, определена динамика темпа роста орошаемых земель, валовой продукции, увеличения объема воды, поданной на орошение, продуктивности оросительной воды (табл. 3).

Развитие орошения всегда сопровождалось значительными капитальными вложениями в сельское хозяйство, однако темп эффективности ( $\mathcal{E}_m$ ), определяемый как отношение темпа роста результата ( $\mathcal{E}_p$ ) к темпу роста затрат ( $\mathcal{E}_z$ ), показывает, что рост затрат превышает рост результата ( $\mathcal{E}_z > \mathcal{E}_p$ ), то есть темп роста эффективности меньше единицы, что говорит об экстенсивном развитии производительных сил бассейна реки Сырдарьи (табл. 3).

Для определения соотношения экстенсивных и интенсивных факторов в приросте можно использовать формулу [7]:

$$\Delta \mathcal{E}_p = (\mathcal{E}_p - 1) \cdot 100 / (\mathcal{E}_p - 1). \quad (1)$$

Таблица 3

Динамика темпов роста орошаемых земель и продуктивности оросительной воды в республиках бассейна реки Сырдарьи

Показатель	Республика	Год			
		1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985
Рост орошаемых земель, тыс. га	Узбекистан	1,00	1,12	1,30	1,36
	Кыргызстан	1,00	1,06	1,08	1,13
	Таджикистан	1,00	1,18	1,37	1,63
	Казахстан	1,00	2,10	3,12	5,72
Рост валовой продукции	Узбекистан	1,00	1,23	1,27	1,16
	Кыргызстан	1,00	1,33	1,41	1,38
	Таджикистан	1,00	1,24	1,30	1,29
	Казахстан	1,00	1,05	1,16	1,13
Увеличение объема воды на орошение, тыс. м <sup>3</sup> га	Узбекистан	1,00	1,05	1,07	1,00
	Кыргызстан	1,00	1,09	1,21	1,25
	Таджикистан	1,00	0,92	0,64	0,84
	Казахстан	1,00	0,96	0,96	0,95
Рост продуктивности оросительной воды	Узбекистан	1,00	1,17	1,19	1,16
	Кыргызстан	1,00	1,22	1,17	1,10
	Таджикистан	1,00	1,35	1,88	1,54
	Казахстан	1,00	1,09	1,21	1,19
Темп роста валовой продукции растениеводства	Узбекистан	1,00	1,30	1,57	1,63
	Кыргызстан	1,00	1,35	1,49	1,50
	Таджикистан	1,00	1,34	1,55	1,65
	Казахстан	1,00	1,27	1,61	1,77
Темп роста капиталовложений	Узбекистан	1,00	1,98	2,64	2,88
	Кыргызстан	1,00	1,53	2,00	2,45
	Таджикистан	1,00	1,25	1,35	1,64
	Казахстан	1,00	1,78	2,25	2,39
Темп роста капиталовотдачи	Узбекистан	1,00	0,65	0,59	0,58
	Кыргызстан	1,00	0,88	0,75	0,61
	Таджикистан	1,00	1,07	1,15	1,01
	Казахстан	1,00	0,71	0,72	0,74

Доля прироста в результате повышения эффективности ( $\Delta \mathcal{E}_3, \%$ ) определяется как разница между всем приростом результатов ( $\Delta \mathcal{E}$ ) и ( $\mathcal{E}_3$ ):

$$\Delta \mathcal{E}_3 = \Delta \mathcal{E} - \mathcal{E}_3. \quad (2)$$

Расчет показал, что если в Узбекистане вклад экстенсивных факторов в прирост результатов 1980-1985 годов по сравнению с 1965-1970 годами составил 58 %, интенсивных - 42 %, то в Казахстане экстенсивных - 0,72, а интенсивных - 0,28.

Таким образом, необходимость учета экологических, экономических и социально-экологических последствий антропогенной деятельности человечества связана с рядом обстоятельств, среди которых особое значение имеют: сложившаяся негативная экологическая ситуация; достигнутый уровень использования природных ресурсов; характер природопользования и природообустройства; большие антропогенные и техногенные нагрузки на природную систему.

Для расширения пространства поиска экологических и технических решений, необходимы экономические критерии, характеризующие экономическую устойчивость природной системы, а также обеспечивающие эквивалентное сопоставление экономических показателей природно-технических систем, разнородными природоохранными и социальными параметрами, еще не получившими экономической оценки. В зарубежной практике для экономической оценки природно-технической системы используются рыночные оценки экономических благ, регулируемые централизованно, путем создания стимулирующих право-экономических механизмов. В состав этих механизмов включаются экологические отчисления в структуре стоимости потребительских товаров, изменяемые цены ассимиляционного потенциала природной среды, штрафы за загрязнение земель и вод, юридические нормы и санкции.

С позиции экономико-экологического подхода природопользования и природообустройства, а также людей - как природопользователей и природопотребителей, с одной стороны, и природной среды, ее ресурсов и условий - с другой, должны рассматриваться в качестве равноправных, равно значимых подсистем единой, целостной системы «природа - общество - производство», сформировавшийся в процессе эволюционного развития общества и его производительных сил. Это создает методологическую основу эколого-экономического обоснования сбалансированного использования природных ресурсов бассейна р. Сырдарьи. Поскольку

экономические проблемы использования природных ресурсов на современном этапе трансформируются в общую экономико-экологическую проблему, экономико-экологический принцип развития размещения производительных сил носит концептуальный характер.

Таким образом, в основу методологического подхода экономико-экологической оценки эффективности использования природных ресурсов должен лежать принцип использования стоимостных оценок природных ресурсов и ущерб от негативных экологических последствий при определении эффективности того или иного вида хозяйственной деятельности, связанной с использованием природных ресурсов и крупномасштабным вмешательством в окружающую среду.

Методологически правильным представляется следующий подход к определению экономико-экологической эффективности использования природных ресурсов. Во-первых, необходимо определить совокупные затраты общества на реализацию системы природообустройства. Во-вторых, рассчитать суммарную стоимость валовой продукции и издержки на производство продукции. В-третьих, установить экологические, социально-экономические и экономические ущербы, наносимые окружающей среде в результате антропогенной деятельности [1]. Чтобы обеспечить сопоставимость различных потерь естественных ресурсов и ущерба окружающей среде с совокупными затратами, издержками производства и стоимостью валовой продукции, необходимую для расчета общей их величины, они должны оцениваться в денежном выражении.

Полный расчет экономико-экологической эффективности антропогенной деятельности человека при использовании природных ресурсов, определяется как сумма отдельных составляющих дохода, затраты и ущерба:

$$\Delta \mathcal{E} = (\text{СВП} - \text{ИП}) - e \cdot K - (Z_{\text{э}} + Z_{\text{эк}} + Z_{\text{с}}), \quad (3)$$

где  $\Delta \mathcal{E}$  - экономико-экологическая эффективность природопользования;  $(\text{СВП} - \text{ИП})$  - доход (стоимость валовой продукции - издержки производства);  $e$  - коэффициент эффективности;  $K$  - затраты общества на реализацию системы природопользования;  $Z_{\text{э}}$  - экономический ущерб;  $Z_{\text{эк}}$  - социально-экономический ущерб;  $Z_{\text{с}}$  - экологический ущерб.

На основе уравнения (3), экономический критерий эффективности природно-технических систем, то есть  $Z(x)$  - суммарный эффект можно определить по следующей формуле:

$$Z(x) = Z_n[\bar{P}_n - P_n(x)] + Z_{эк}[\bar{P}_{эк} - P_{эк}(x)] + Z_c[\bar{P}_c - P_c(x)], \quad (4)$$

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

При этом, отношение суммы ущерба природно-технического комплекса, наносимый окружающей среде в результате антропогенной деятельности к общей прибыли будет по физическому смыслу характеризовать коэффициент экономической устойчивости природно-технического комплекса ( $K_э$ ) [6]:

$$K_э = \frac{z_n[\bar{P}_n - P_n(x)] - z_э[\bar{P}_э - P_э(x)] + z_{эк}[\bar{P}_{эк} - P_{эк}(x)] + z_c[\bar{P}_c - P_c(x)]}{z_n[\bar{P}_n - P_n(x)]}, \quad (5)$$

где  $P_n(x)$  - общие затраты для выпуска продукции.

Расчет по оценке экономической устойчивости природных систем бассейна р. Сырдарьи в пространственно-временном масштабе приведен в табл. 4.

Таблица 4

Экономические устойчивости природных систем бассейна реки Сырдарьи

Год	Республика				Всего
	Узбекистан	Кыргызстан	Таджикистан	Казахстан	
Стоимость валовой продукции, млн доллар					
1965	1751,4	203,6	234,6	39,1	2228,7
1970	2302,3	286,7	291,4	78,5	2958,9
1975	2679,2	362,3	357,1	124,1	3522,7
1980	3326,8	380,6	467,3	202,9	4377,6
1985	2911,9	424,7	532,5	362,8	4231,8
1990	2701,4	449,4	643,3	436,8	4230,8
Капитальные вложений, млн доллар					
1965	338,4	88,2	34,6	15,3	476,5
1970	670,1	134,9	43,3	30,0	878,3



Год	Республика			Всего
	Узбекистан	Кыргызстан	Казахстан	
1975	893,5	176,3	46,7	56,9
1980	954,4	216,0	56,8	60,5
1985	626,1	145,5	45,0	46,8
1990	453,2	98,5	29,4	32,2
Индерэки прогнозилар, млн доллар				
1965	700,6	71,2	79,8	14,0
1970	943,9	103,2	98,5	37,0
1975	1152,1	130,4	132,1	53,4
1980	1463,8	140,821	172,9	89,2
1985	1316,3	161,4	202,3	163,3
1990	1188,6	170,8	238,0	196,6
/млн доллар				
1965	712,4	44,1	120,6	9,8
1970	688,3	48,6	139,6	11,5
1975	633,7	55,5	178,2	13,8
1980	908,6	23,8	237,6	53,2
1985	975,4	117,8	285,1	153,1
1990	1099,6	186,1	375,8	208,0
Экологический ущерб, млн доллар				
1965	0,3	-	-	1,0
1970	0,5	-	-	1,5
1975	1,0	-	-	2,2
1980	1,3	-	-	3,1
1985	4,3	-	-	16,7
1990	6,3	-	-	28,3
Социально-экономический ущерб, млн доллар				
1965	-	-	-	0,2
1970	-	-	-	0,2
1975	-	-	-	0,3
1980	0,1	-	-	0,3
1985	0,1	-	-	0,3
1990	0,2	-	-	0,4
Социальный ущерб				
1965	0,7	-	-	2,3
1970	1,0	-	-	4,1
1975	1,1	-	-	6,3
1980	2,5	-	-	8,1
1985	3,7	-	-	12,5
1990	5,9	-	-	14,5
Суммарный ущерб, млн доллар				
1965	1,0	-	-	3,4
				4,4

Год	Республика				Всего
	Узбекистан	Кыргызстан	Таджикистан	Казахстан	
1970	1,4	-	-	5,8	7,2
1975	2,1	-	-	8,7	10,8
1980	3,9	-	-	11,6	15,5
1985	8,0	-	-	29,6	37,6
1990	12,3	-	-	43,1	55,4
Общие затраты, млн доллар					
1965	1049,0	159,4	114,4	32,8	1346,6
1970	1615,5	238,1	141,8	72,8	2068,3
1975	2047,6	306,8	178,9	119,0	2652,1
1980	2422,1	356,8	229,7	161,3	3169,9
1985	1944,5	306,9	247,3	239,6	2738,3
1990	1654,1	269,3	267,4	271,9	3402,8
Коэффициент экономической устойчивости					
1965	0,7	0,3	1,1	0,3	0,7
1970	0,4	0,2	1,0	0,2	0,4
1975	0,3	0,2	1,0	0,1	0,3
1980	0,4	0,1	1,0	0,3	0,4
1985	0,5	0,4	1,2	0,6	0,6
1990	0,6	0,7	1,4	0,8	0,5

Данные табл. 4 показывают, что экологические, экономические и социальные ущербы при использовании водно-земельных ресурсов для мелиорации сельскохозяйственных земель Кыргызстана и Таджикистана не наблюдаются, в основном это происходит в среднем течении и низовьях р. Сырдарья. Как видим, использование коэффициента экономической устойчивости природных систем, для оценки эффективности использования водно-земельных ресурсов бассейна рек, позволяют получить характеристику интенсификации путем сопоставления результатов со всеми основными ресурсами, учитываемыми в производстве. В Узбекистане, где орошаемые земли расположены в основном в среднем течении р. Сырдарья, с ростом использования водных и земельных ресурсов, экономическая устойчивость природной системы постепенно, незаметно снижается. В Казахстане, где в основном производительные силы сельского хозяйства размещены в низовьях реки, резко ухудшается, только в 1980 годах с ростом площадей орошаемых земель наблюдается некоторое улучшение. Однако, в целом в бассейне р. Сырдарья, наблюдается постепенное ухудшение экономической устойчивости природных систем, так как параллельно растет нанесенный природе ущерб в результате антропогенной деятельности человека.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Достай Ж.Д., Турсунов А.А. Арало-Сырдарьинский бассейн: гидроэкологические проблемы, вопросы водodelения.- Алматы: Дауир -2001.- 180 с.
2. Зарурбеков А.К. Научные основы рационального использования и охраны водных ресурсов бассейна рек // Автореферат дисс. д.т.н., Тараз, 1998.- 50 с.
3. Каримов Э.К. Улучшение эколого-мелиоративного состояния и повышение продуктивности орошаемых земель Узбекистана (на примере Голодной и Каршинской степей) // Автореферат дисс. д.т.н., М., 1995. – 45 с.
4. Кошкарлов С.И. Мелиорации ландшафтов в низовьях реки Сырдарьи. – Алматы, 1997- 267 с.
5. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане. –Алматы, 1997 – 358 с.
6. Мустафаева Л.Ж., Мустафаев К.Ж., Койбагарова К.Б. Экологическое и экономическое обоснование устойчивости природной системы // Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды / Материалы 4-й Международной научной конференции. – Щучинск, 2002.- С. 212-214
7. Путьто Н.С. Продуктивность оросительной воды в бассейне Аральского моря //Мелиорация и водное хозяйство, 1991, №3, С. 19-21.
8. Решеткина Н.М. Бассейн Аральского моря – саморегулирующаяся природная система // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999, №9. – С. 3-7.
9. Решеткина Н.М., Икрамов Р.К. Борьба с засолением и экологический кризис в Приаралье // Мелиорация и водное хозяйство, М., 2000, №1.- С.33-36.
10. 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.

Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства

### **СЫРДАРЬЯ ӨЗЕНІНІҢ АЛҚАБЫНЫҢ СУ-ЖЕР ҚОРЫН ПАЙДАЛАНУЫН ЭКОНОМИКА-ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТҮРҒЫЦА БАҒАЛАУ**

Л.Ж. Мұстафаева

*Сырдарья өзенінің алқабының су-жер қорын пайдаланудың көп жылдық мәліметіне жүйелік-құрамдық талдау арқылы, экономикалық орнықтылық көрсеткішін пайдалана отырып, оның тиімділігіне баға берілген.*

УДК 553.9+665.5:504.05 (574.1)

**О МЕТОДАХ РАЗРАБОТКИ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА  
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ  
НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА**

Канд. с.-х. наук

Ю.М. Попов

К.К. Калыбаев

Е.А. Тажмагамбетов

*В процессе разработки оценок воздействия на окружающую среду применяются методы качественного и количественного анализа возможного изменения отдельных природных компонентов под влиянием строительства, эксплуатации и ликвидации проектируемых объектов. Экосистемный подход с использованием количественных методов и моделирования способствует получению обоснованных прогнозов состояния природной среды и разработке оптимального комплекса природоохранных мероприятий.*

В Казахстане ежегодно добывается около 40 млн тонн нефти. Разведанные и разрабатываемые месторождения нефти и газа в основном располагаются в пределах аридных территорий Атырауской, Мангистауской, Актюбинской, Западно-Казахстанской и Кызылординской областей. Разведаны, подготовлены к эксплуатации и действуют более 160 нефтегазовых месторождений. Фонд нефтяных, нагнетательных и вспомогательных скважин составляет более 5000 единиц. В ближайшей перспективе намечается освоение богатейших запасов нефти в шельфовой зоне Каспийского моря (3,5 млрд т) и подсолесных пермских нефтей. Планируется довести площадь нефтегазовых районов до 1,7 млн км<sup>2</sup>, добычу нефти к 2010 году - до 70 млн т/год [12].

К сожалению, разведка, разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений сопровождаются интенсивным загрязнением окружающей среды, в том числе в период аварийных ситуаций. В 1995 году на нефтепромыслах Атырауской и Мангистауской областей было разлито около 190 тыс. т нефти и замазучено 800 га почвенного покрова. Известна катастрофическими последствиями авария 1985 г на скважине № 32 Тенгизского месторождения, когда в течение 400 суток пожара было сожжено в факеле 6 млн т нефти, 3,3 млрд м<sup>3</sup> газа и 600 млн м<sup>3</sup> сероводорода. В пе-

риод аварии пришлось временно эвакуировать жителей двух поселков, были нарушены или загрязнены большие площади почвенно-растительного покрова [12].

В Законе «Об охране окружающей среды» устанавливается, что оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) производится в целях определения экологических и иных последствий вариантов, принимаемых управленческих и хозяйственных решений, разработки рекомендаций по оздоровлению окружающей среды, предотвращению уничтожения, деградации, повреждения и истощения естественных экологических систем и природных ресурсов. Запрещается разработка и реализация проектов, влияющих на окружающую среду, без оценки воздействия на нее (статья 46).

Конечной задачей ОВОС является подготовка «Заявления об экологических последствиях» и разработка на заключительной стадии рабочего проектирования раздела «Охрана окружающей среды». В этом разделе излагается разработанный комплекс природоохранных мероприятий, предотвращающий отрицательные воздействия намечаемой деятельности на компоненты окружающей среды или сводящие их к минимуму [6].

Состав материалов ОВОС включает: детальную информацию о природных условиях территории и состоянии ее компонентов; оценку воздействия объекта на окружающую природную среду и условия жизни населения; покомпонентный анализ изменений состояния окружающей среды и природных процессов в зоне воздействия объекта; оценку экологического риска намечаемых проектных решений, включая возможность аварийных ситуаций; комплекс природоохранных мероприятий по предотвращению негативного воздействия, сохранению, а также оздоровлению и улучшению окружающей природной среды; программу работ по организации производственного мониторинга за состоянием окружающей среды в период строительства и эксплуатации объекта [8].

Освоение месторождений нефти и газа оказывают положительное воздействие на экономическое состояние регионов. Создание соответствующей инфраструктуры, строительство и эксплуатация сооружений способствуют появлению новых рабочих мест и более полной занятости местного населения на период добычи углеводородов.

С другой стороны, территории постоянного и временного отвода земель проектируемых и эксплуатируемых месторождений нефти и газа занимают существующие агроландшафты, речные долины, участки лесных, степных или пустынных экосистем, дороги с прилегающими лесонасажде-

ниями, архитектурные или природные памятники. Именно физическое присутствие скважин, объектов переработки и транспортировки сырья и продуктов, а также инфраструктуры с источниками загрязнения компонентов окружающей среды обуславливает необходимость в оценке воздействия проектируемых объектов и сооружений на окружающую среду [4].

#### Методические аспекты

В процессе ОВОС выполняется анализ возможных последствий для определения потенциально значимых воздействий. Рассматриваются уровни воздействия от штатных операций и аварийных ситуаций, планируемые меры по их уменьшению.

В настоящее время отсутствуют единые универсальные методики для оценки воздействия на окружающую среду. Это обусловлено сложностью взаимодействия технических комплексов с экосистемами. Отсутствие достаточно обоснованных в статистическом отношении сведений сказывается на возможности проведения количественной оценки воздействия. Используется 5-и бальная система качественных показателей воздействия на окружающую среду [10]:

Слабое воздействие – небольшие изменения в окружающей среде (ОС).

Умеренное – значительные изменения ОС, продолжительные, площадные.

Сильное – ущерб экосистеме с возможным полным восстановлением.

Чрезмерное – ущерб экосистеме, возможность восстановления слабая.

Катастрофическое – ущерб экосистеме с невозможностью восстановления.

Для оценки возможных изменений природной среды наиболее приемлемым представляется использование трех основных показателей воздействия: его пространственного и временного масштабов, а также величины или интенсивности.

Пространственный масштаб воздействия: ничтожный; точечный ( $< 1 \text{ км}^2$ ), локальный ( $< 10 \text{ км}^2$ ), местный ( $< 100 \text{ км}^2$ ), региональный ( $< 1000 \text{ км}^2$ ), национальный ( $> 1000 \text{ км}^2$ ).

Временной масштаб воздействия: мгновенный, кратковременный ( $< 10$  суток), временный ( $> 10$  суток, но  $< 3$  месяцев), долговременный ( $> 3$  месяцев, но  $< 1$  года), многолетний ( $> 1$  года, но  $< 3$  лет), постоянный ( $> 3$  лет).

Интенсивность воздействия: ничтожная - изменения в природной среде (ИПС) не отмечаются; слабая – ИПС не превышают существующие пределы природной изменчивости (ППИ); умеренная – ИПС превышают ППИ, но экосистемы могут восстанавливаться; сильная – ИПС превышают

ППИ, экосистемы повреждаются с сохранением способности к восстановлению; чрезмерная – ИПС приводят к значительным повреждениям экосистем при низкой способности к восстановлению; катастрофическая – ИПС приводят к необратимым повреждениям экосистем.

Для определения интегральной оценки воздействия намечаемой деятельности на отдельный компонент окружающей среды в баллах качественные показатели воздействия выражают в цифрах от 0 до 5.

Для комплексирования применяется метод экспертной оценки с учетом имеющихся сведений о воздействии на окружающую среду аналогичной деятельности в тех же природных зонах (табл. 1).

Таблица 1

Основные воздействия и компоненты окружающей среды

Компоненты окружающей среды	Виды воздействий						
	нарушение недр	нарушение земель	изъятие воды	выбросы в воздух	сбросы	шум / вибрация	физическое присутствие
Атмосферный воздух		+		+			
Недра	+						+
Подземные воды			+		+		+
Растительность		+		+	+		+
Почвы		+		+	+		+
Фауна		+		+	+	+	+

В настоящее время находят применение количественные методы оценок воздействия планируемой деятельности на компоненты окружающей среды.

При оценках и прогнозах загрязнения *атмосферного воздуха* используются «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» [2] и «Унифицированная программа расчета величин концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе» [11].

*Оценка защищенности подземных вод* в гидрогеологии производится по сумме баллов, которая зависит от глубины залегания уровня вод,

литологического состава пород и коэффициента фильтрации. Методика оценки разработана ВСЕГИНГЕО и приведена в работах [1, 5].

Сумма баллов, зависящая от глубин залегания грунтовых вод, мощности и литологии слабопроницаемых отложений определяет степень защищенности грунтовых вод. По сумме баллов выделяется шесть категорий их защищенности (табл. 2).

Таблица 2

Категория защищенности грунтовых вод по сумме баллов

Категория	1	2	3	4	5	6
Сумма баллов	< 5	5-10	10-15	15-20	20-25	> 25

Наиболее благоприятными являются условия защищенности, соответствующие категории 6, наименее благоприятные – категории 1.

По степени воздействия на растительность окружающей территории нефтегазовых месторождений и их промышленных зон, выделяются следующие антропогенные факторы (табл. 3).

Таблица 3

Антропогенные факторы, воздействующие на растительность

Антропогенный фактор	Тип воздействия
Загрязнение (химическое)	Площадной вокруг скважин (r ≈ 300 м)
Селитебно-промышленный	Площадной необратимый (r от 0,5 до 5 км)
Транспортный (дороги)	Линейно-локальный необратимый
Пастбищный (перевыпас)	Потенциально обратимый (очаги эрозии)
Земледельческий	Площадной, уничтожение растительности
Гидротехнический	Локально-площадной необратимый
Сенокосный	Площадной, обратимый
Пирогенный (пожары)	Локальный (губительный для фауны)

Степень деградации почв в зоне влияния полигонов хранения отходов определяется оценочными критериями согласно [7]. Выбор критериев оценки влияния отходов производства на почвы базируется на обосновании специфичности ассоциаций загрязняющих веществ, установлении техногенных нагрузок и прогнозировании экологической ситуации в регионе [9].

Территориальные экологические последствия влияния этих факторов не равноценны. Экосистемы испытывают влияние многих факторов одновременно.



## Примеры оценки качественных воздействий на компоненты окружающей среды

В качестве иллюстрации приводим «Оценку воздействия на окружающую среду доразведки и пробной эксплуатации нефтегазового месторождения Арысское», выполненную ТОО «Ecotera» в 2002 г.

Месторождение находится в Сырдарьинском районе Кызылординской области в южной части Тургайской низменности [3]. Район представляет слабо всхолмленную равнину, пересеченную уступом. Равнина к югу от уступа имеет почти идеально ровную поверхность. Реки отсутствуют. Встречаются небольшие озера, образованные за счет самоизливающихся артезианских колодцев. Непроходимый солончак Арыс, расположенный в 12 км к востоку от месторождения, весной имеет на поверхности соленую воду.

Климат континентальный. Осадков выпадает около 120 мм в год. Растительный и животный мир типичен для пустыни. Постоянных населенных пунктов нет. Около колодцев можно встретить временные стойбища чабянов, занимающихся отгонным животноводством.

Ближайшими населенными пунктами являются: город Кызылорда (областной центр) – 116 км, поселок Теренозек (центр административного района) – 123 км.

На месторождении предусматривается работа 14 фонтанных скважин, групповой установки, расходного терминала. Очищенная нефть автоцистернами доставляется на площадку расходного склада, расположенную в промышленной зоне города Кызылорды.

Воздействие на компоненты окружающей среды будет происходить на всех этапах доразведки и пробной эксплуатации месторождения Арысское.

*Оценка воздействия на атмосферный воздух.* При оценке воздействия проектируемого объекта на окружающую среду и здоровье населения важным аспектом является качество атмосферного воздуха. Воздействие намечаемой деятельности оценивается с позиции соответствия законодательным и нормативным требованиям РК, предъявляемым к качеству воздуха. Загрязненность атмосферного воздуха токсичными веществами может влиять на состояние здоровья населения, на почвы, животный и растительный мир промышленной площадки и территории санитарно-защитной зоны. Влияние на загрязнение атмосферного воздуха будут оказывать не только выбросы основных производственных объектов, но и ав-

томобильного транспорта. Кроме того, выделяется пыль при движении автомашины и специальной техники.

Пространственный масштаб воздействия на атмосферный воздух может оцениваться как локальный, временной – как долговременный и интенсивность – как слабая.

*Оценка воздействия на недра.* В период доразведки и пробной эксплуатации месторождения Арыское будут оказываться негативные воздействия в результате: нарушения недр и физического присутствия.

*Нарушение недр* имеет место при бурении скважин. В процессе бурения нарушается целостность пород, возможно поглощение буровых растворов геологическими пластами. Происходит изъятие нефти и испугного газа из геологических пластов при эксплуатации месторождения. Пространственный масштаб негативного воздействия на недра не превышает локального, временной масштаб соответствует многолетнему, а интенсивность может быть оценена от умеренной до сильной.

*Оценка воздействия физического присутствия.* Физическое присутствие в толще пород обсадных труб, материалов для цементирования стенок скважин и отходов бурения может оказывать негативное воздействие на недра. Пространственный масштаб воздействия физического присутствия на недра можно оценить как локальный, временной – как многолетний и интенсивность – как умеренная.

*Оценка воздействия на подземные воды.* Основными источниками загрязнения подземных вод во время проведения проектируемых работ могут быть: производственная деятельность в процессе бурения, разливы нефти, места складирования отходов, хранилища горючесмазочных материалов, земляные амбары.

Средняя глубина залегания уровня подземных вод 10 м и глубже, средняя величина коэффициента фильтрации глин – 0,0001 м/сутки. Согласно этим данным категория защищенности подземных вод 4 – 6.

Воздействие на подземные воды при бурении и испытании скважин оценивается в пространственном масштабе как локальное, во временном – как многолетнее и по величине – как умеренное.

*Оценка воздействия на почвы.* Воздействие на почвы будет оказываться в результате: нарушения земель, физического присутствия, сброса вод и выбросов в атмосферу.

*Нарушения земель* неизбежны при строительстве объектов месторождения, бурении и испытании скважин, прокладках подъездных дорог.

В целом экологическое состояние земель территории месторождения удовлетворительное. В период строительных работ после снятия почвенно-растительного слоя поверхность земли может подвергаться выдуванию мелких фракций и оседанию их на растительность прилегающих земель.

Воздействие на почву от нарушения земель оценивается в пространственном масштабе как локальное, во временном — как постоянное и по интенсивности — как умеренное.

*Физическое присутствие* объектов инфраструктуры месторождения приводит к безвозвратной утрате почв и наземной растительности непосредственно под объектами долгосрочного пользования. Воздействие на почву от физического присутствия оценивается в пространственном масштабе как локальное, во временном — как постоянное, и по величине воздействия — как сильное.

*Сбросы ливневых вод* предусматриваются на пониженные элементы рельефа местности. Эти стоки могут быть загрязнены нефтепродуктами. Воздействие их на почвы в пространственном аспекте оценивается как точечное, во временном — как временное, а интенсивность — как умеренная.

*Выбросы в атмосферу* могут приводить к загрязнению почв и растительности частицами пыли, нефтепродуктами и тяжелыми металлами на отдельных участках и только в пределах санитарно-защитной зоны. Негативное воздействие выбросов на почвы можно оценить как ничтожное, многолетнее и незначительное.

*Оценка воздействия на растительность.* Воздействие на растительность происходит в результате: нарушения земель, физического присутствия, сбросов вод и выбросов в атмосферу.

*Нарушение земель* сопутствует строительству и освоению объектов месторождения.

Нарушения растительных группировок пустынных сообществ отмечаются вокруг скважин, радиусом около 200 м, и других объектов. Чем ближе к скважине, тем сильнее нарушение растительного покрова, на расстоянии 50 м и ближе он обычно уничтожен.

Воздействие на растительность от нарушения земель оценивается в пространственном масштабе как локальное, во временном — как постоянное и по величине — как умеренное.

*Физическое присутствие* объектов инфраструктуры месторождения приведет к безвозвратной утрате наземной растительности непосредственно под объектами долгосрочного пользования.

Воздействие на растительность от физического присутствия оценивается в пространственном масштабе как локальное, во временном – как постоянное, и по величине – как сильное.

*Сбросы ливневых вод* предусматриваются на рельеф местности. Эти стоки могут быть загрязнены нефтепродуктами. Дополнительное увлажнение почвы приводит к появлению тростниковых группировок и лугового разнотравья.

Воздействие сбросов на растительность в пространственном аспекте оценивается как точечное, во временном – как долговременное, а интенсивность – как умеренная.

*Выбросы в атмосферу* могут приводить к загрязнению растительности частицами пыли, нефтепродуктами и тяжелыми металлами на отдельных участках и только в пределах санитарно-защитной зоны.

Негативное воздействие выбросов на растительность можно оценить как ничтожное, кратковременное и незначительное.

*Оценка воздействия на животный мир.* Воздействие на представителей фауны возможно при нарушении земель, от физических факторов (шум, свет), от физического присутствия и от выбросов в атмосферу.

*Нарушение земель.* При строительстве объектов происходит нарушение почв и растительности. Это приводит к временной утрате мест обитания наземных позвоночных животных и насекомых. Они вытесняются из прежних мест обитания и перемещаются на другие участки прилегающей территории.

Воздействие оценивается как локальное, многолетнее и умеренное.

*Физические факторы* – низкочастотный шум при движении транспорта и строительной техники, от производственного и строительного оборудования, огни транспорта и освещение объектов месторождения в темное время суток вызывают беспокойство представителей животного мира и насекомых, нередко приводят их к гибели. Воздействие физических факторов на наземную фауну оценивается как локальное, многолетнее и умеренное.

*Физическое присутствие* дорог и транспорта, оборудования и сооружений инфраструктуры месторождения приведет к безвозвратной потере среды обитания животных и насекомых непосредственно под объектами долгосрочного пользования. Воздействие от физического присутствия происходит от движения автотранспорта и строительной техники.

## Примеры оценки качественных воздействий на компоненты окружающей среды

В качестве иллюстрации приводим «Оценку воздействия на окружающую среду доразведки и пробной эксплуатации нефтегазового месторождения Арысское», выполненную ТОО «Есотера» в 2002 г.

Месторождение находится в Сырдарьинском районе Кызылординской области в южной части Тургайской низменности [3]. Район представляет слабо всхолмленную равнину, пересеченную уступом. Равнина к югу от уступа имеет почти идеально ровную поверхность. Реки отсутствуют. Встречаются небольшие озера, образованные за счет самоизливающихся артезианских колодцев. Непроходимый солончак Арыс, расположенный в 12 км к востоку от месторождения, весной имеет на поверхности соленую воду.

Климат континентальный. Осадков выпадает около 120 мм в год. Растительный и животный мир типичен для пустыни. Постоянных населенных пунктов нет. Около колодцев можно встретить временные стойбища чабанов, занимающихся отгонным животноводством.

Ближайшими населенными пунктами являются: город Кызылорда (областной центр) – 116 км, поселок Теренозек (центр административного района) – 123 км.

На месторождении предусматривается работа 14 фонтанных скважин, групповой установки, расходного терминала. Очищенная нефть автоцистернами доставляется на площадку расходного склада, расположенную в промышленной зоне города Кызылорды.

Воздействие на компоненты окружающей среды будет происходить на всех этапах доразведки и пробной эксплуатации месторождения Арысское.

**Оценка воздействия на атмосферный воздух.** При оценке воздействия проектируемого объекта на окружающую среду и здоровье населения важным аспектом является качество атмосферного воздуха. Воздействие намечаемой деятельности оценивается с позиции соответствия законодательным и нормативным требованиям РК, предъявляемым к качеству воздуха. Загрязненность атмосферного воздуха токсичными веществами может влиять на состояние здоровья населения, на почвы, животный и растительный мир промышленной площадки и территории санитарно-защитной зоны. Влияние на загрязнение атмосферного воздуха будут оказывать не только выбросы основных производственных объектов, но и ав-

томобильного транспорта. Кроме того, выделяется пыль при движении автомашин и специальной техники.

Пространственный масштаб воздействия на атмосферный воздух может оцениваться как локальный, временной – как долговременный и интенсивность – как слабая.

*Оценка воздействия на недра.* В период доразведки и пробной эксплуатации месторождения Арыское будут оказываться негативные воздействия в результате: нарушения недр и физического присутствия.

*Нарушение недр* имеет место при бурении скважин. В процессе бурения нарушается целостность пород, возможно поглощение буровых растворов геологическими пластами. Происходит изъятие нефти и попутного газа из геологических пластов при эксплуатации месторождения. Пространственный масштаб негативного воздействия на недра не превышает локального, временной масштаб соответствует многолетнему, а интенсивность может быть оценена от умеренной до сильной.

*Оценка воздействия физического присутствия.* Физическое присутствие в толще пород обсадных труб, материалов для цементирования стенок скважин и отходов бурения может оказывать негативное воздействие на недра. Пространственный масштаб воздействия физического присутствия на недра можно оценить как локальный, временной – как многолетний и интенсивность – как умеренная.

*Оценка воздействия на подземные воды.* Основными источниками загрязнения подземных вод во время проведения проектируемых работ могут быть: производственная деятельность в процессе бурения, разливы нефти, места складирования отходов, хранилища горючесмазочных материалов, земляные амбары.

Средняя глубина залегания уровня подземных вод 10 м и глубже, средняя величина коэффициента фильтрации глин – 0,0001 м/сутки. Согласно этим данным категория защищенности подземных вод 4 – 6.

Воздействие на подземные воды при бурении и испытании скважин оценивается в пространственном масштабе как локальное, во временном – как многолетнее и по величине – как умеренное.

*Оценка воздействия на почвы.* Воздействие на почвы будет оказываться в результате: нарушения земель, физического присутствия, сбросов вод и выбросов в атмосферу.

*Нарушения земель* неизбежны при строительстве объектов месторождения, бурении и испытании скважин, прокладках подъездных дорог.

В целом экологическое состояние земель территории месторождения удовлетворительное. В период строительных работ после снятия почвенно-растительного слоя поверхность земли может подвергаться выдуванию мелких фракций и оседанию их на растительность прилегающих земель.

Воздействие на почвы от нарушения земель оценивается в пространственном масштабе как локальное, во временном – как постоянное и по интенсивности – как умеренное.

*Физическое присутствие* объектов инфраструктуры месторождения приводит к безвозвратной утрате почв и наземной растительности непосредственно под объектами долгосрочного пользования. Воздействие на почвы от физического присутствия оценивается в пространственном масштабе как локальное, во временном – как постоянное, и по величине воздействия – как сильное.

*Сбросы ливневых вод* предусматриваются на пониженные элементы рельефа местности. Эти стоки могут быть загрязнены нефтепродуктами. Воздействие их на почвы в пространственном аспекте оценивается как точечное, во временном – как временное, а интенсивность – как умеренная.

*Выбросы в атмосферу* могут приводить к загрязнению почв и растительности частицами пыли, нефтепродуктами и тяжелыми металлами на отдельных участках и только в пределах санитарно-защитной зоны. Негативное воздействие выбросов на почвы можно оценить как ничтожное, многолетнее и незначительное.

*Оценка воздействия на растительность.* Воздействие на растительность происходит в результате: нарушения земель, физического присутствия, сбросов вод и выбросов в атмосферу.

*Нарушение земель* сопутствует строительству и освоению объектов месторождения.

Нарушения растительных группировок пустынных сообществ отмечаются вокруг скважин, радиусом около 200 м, и других объектов. Чем ближе к скважине, тем сильнее нарушение растительного покрова, на расстоянии 50 м и ближе он обычно уничтожен.

Воздействие на растительность от нарушения земель оценивается в пространственном масштабе как локальное, во временном – как постоянное и по величине – как умеренное.

*Физическое присутствие* объектов инфраструктуры месторождения приведет к безвозвратной утрате наземной растительности непосредственно под объектами долгосрочного пользования.

Воздействие на растительность от физического присутствия оценивается в пространственном масштабе как локальное, во временном – как постоянное, и по величине – как сильное.

*Сбросы ливневых вод* предусматриваются на рельеф местности. Эти стоки могут быть загрязнены нефтепродуктами. Дополнительное увлажнение почвы приводит к появлению тростниковых группировок и лугового разнотравья.

Воздействие сбросов на растительность в пространственном аспекте оценивается как точечное, во временном – как долговременное, а интенсивность – как умеренная.

*Выбросы в атмосферу* могут приводить к загрязнению растительности частицами пыли, нефтепродуктами и тяжелыми металлами на отдельных участках и только в пределах санитарно-защитной зоны.

Негативное воздействие выбросов на растительность можно оценить как ничтожное, кратковременное и незначительное.

*Оценка воздействия на животный мир.* Воздействие на представителей фауны возможно при нарушении земель, от физических факторов (шум, свет), от физического присутствия и от выбросов в атмосферу.

*Нарушение земель.* При строительстве объектов происходит нарушение почв и растительности. Это приводит к временной утрате мест обитания наземных позвоночных животных и насекомых. Они вытесняются из прежних мест обитания и перемещаются на другие участки прилегающей территории.

Воздействие оценивается как локальное, многолетнее и умеренное.

*Физические факторы* – низкочастотный шум при движении транспорта и строительной техники, от производственного и строительного оборудования, огни транспорта и освещение объектов месторождения в темное время суток вызывают беспокойство представителей животного мира и насекомых, нередко приводят их к гибели. Воздействие физических факторов на наземную фауну оценивается как локальное, многолетнее и умеренное.

*Физическое присутствие* дорог и транспорта, оборудования и сооружений инфраструктуры месторождения приведет к безвозвратной потере среды обитания животных и насекомых непосредственно под объектами долгосрочного пользования. Воздействие от физического присутствия происходит от движения автотранспорта и строительной техники.



Бурение скважин, регулярное движение транспорта первоначально создало экстремальные условия для обитания здесь животных, особенно для крупных птиц и зверей. Затем такая ситуация явилась причиной их перераспределения, снижения численности или же вообще вытеснения из района нефтегазодобычи.

Воздействие от физического присутствия на фауну оценивается как локальное, многолетнее и сильное.

*Выбросы в атмосферу* могут оказывать негативное воздействие на представителей фауны в виде газовых факелов и шлейфов с повышенной концентрацией загрязняющих веществ.

Воздействие выбросов в атмосферу на представителей фауны оценивается как точечное, кратковременное и незначительное.

#### **Интегральная оценка воздействия на ОС в баллах**

Ниже приведена табл. 4, в которой дана интегральная оценка намечаемой деятельности на компоненты природной среды в баллах, данные которой показывают, что основное воздействие на почвы и растительность месторождения Арысское оказывает физическое присутствие объектов добычи, транспортировки нефти и инфраструктуры.

Вторым по значимости влияющим фактором на почвы, растительность и животный мир, а также подземные воды и недра, является нарушение земель и недр.

Выбросы в атмосферу загрязняют приземный слой воздуха в пределах санитарно-защитной зоны, но их влияние на растительный и животный мир очень слабое.

Определенное влияние сбросов вод отмечается на почвы и растительность (положительная сторона этого воздействия на данном этапе проработок не рассматривается).

Отрицательное влияние производственной деятельности месторождения на организм человека при работе в штатном режиме очень слабое, однако, при аварийных ситуациях и некоторых видах ремонтных работ оно может значительно усиливаться.

#### **Заключение**

Разведка, разработка, эксплуатация и ликвидация нефтегазовых месторождений ведутся на уникальных территориях побережий Каспийского моря и его шельфа, равнинах Приаралья, речных долинах. Много месторождений располагается в пределах хрупких пустынных экосистем.

Интегральная оценка воздействия намечаемой деятельности на компоненты природной среды в баллах

Масштабы и интенсивность воздействий		Компоненты ОС и виды воздействий																
		воздух	недра		вода		почва				флора				фауна			
			НН	ФП	НН	НЗ	НЗ	ФП	СВ	ВВ	НЗ	ФП	СВ	ВВ	НЗ	ФФ	ФП	ВВ
площадь	ничтожный											0			0			0
	точечный							1					1					
	локальный	2	2	2	2	2	2	2			2	2			2	2	2	
	местный																	
	региональный																	
время	национальный																	
	мигновенный										0							
	кратковременный														1			1
	временный								2									
	долговременный													3				
величина	многолетний	4	4	4	4	4									4	4	4	
	постоянный						5	5						0				
	незначительная										0							0
	слабая	1																
	умеренная		2	2	2	2	2		2			2	2		2	2		
Итого:	сильная							3					3				3	
	чрезмерная																	
	катастрофическая																	
		7	8	8	8	8	9	10	5	0	9	10	6	1	8	7	9	1

Примечание: НН - нарушение недр; ФП - физическое присутствие; НЗ - нарушение земель; СВ - сбросы вод; ВВ - выбросы в воздух; ФФ - физические факторы.

Однако апробированных количественных методов прогнозов экологических изменений на экосистемном уровне в настоящее время нет.

Необходимо разрабатывать более обоснованные оценки воздействия на окружающую среду проектов разведки, разработки и ликвидации нефтегазовых месторождений с учетом каждого компонента окружающей среды, особенно биотических составляющих, и функционирования экосистемы в целом с привлечением имеющегося потенциала научно-исследовательских институтов Академии Наук РК и проектных организаций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдберг В., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. М.: Недра, 1983. – 127 с.
2. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 183 с.
3. Парагульков Х.Х. Нефтегазоносные комплексы Южно-Тургайской впадины. // Вестник АН КазССР, 1990. - № 1. – С. 21-29.
4. Попов Ю.М. К вопросу разработки оценки воздействия на окружающую среду проектируемых трубопроводов. / Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы гидрометеорологии и экологии». - Алматы, 2001. - С. 212-214.
5. РД 39.3.593-81. Инструкция по гидродинамическим исследованиям. М.: Недра, 1981. - 72 с.
6. РНД 03.02.01-93. Временная инструкция о порядке проведения оценки воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду (ОВОС). / Минэкобиоресурсов РК. – Алматы, 1993. – 58 с.
7. РНД 03.3.0.4.01-95. Методические указания по оценке влияния на окружающую среду размещенных в накопителях производственных отходов, а также складированных под открытым небом продуктов и материалов. / Минэкобиоресурсов РК. – Алматы, - 1995. – 60 с.
8. РНД 211.3.02.05-96. Рекомендации по проведению оценки воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на биоресурсы (почвы, растительность, животный мир). / Минэкобиоресурсов РК. – Алматы, 1996. – 38 с.
9. Справочное пособие по экологической оценке / Всемирный Банк. - Вашингтон, 1992. - 341 с.

10. Техническое обоснование выбора вариантов строительства объектов опытно-промышленной разработки месторождения Кашаган. / ПредО-ВОС. Алматы-Лондон: Agip КСО, КАПЭ, 2002. - 402 с.
11. Унифицированная программа расчета величин концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (УПРЗА «Эколог ПРО»). / Руководство пользователя. - Санкт-Петербург, 2000. - 67 с.
12. Фаизов К.Ш., Асанбаев И.К. О нефтехимическом загрязнении почв и их экологических последствиях. // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 4. - С. 183-193.

ТОО «Ecotera» ...

### **МҮНАЙ ГАЗ КЕШЕНІ НЫСАНДАРЫҢ ЖОБАЛАУ КЕЗІНДЕ ҚОРМАҒАН ОРТАҒА ӘСЕРІНЕ БАҒА БЕРУ ӘДІСТЕРІ ТУРАЛЫ**

Ауыл-ш. ғылымд. канд.

Ю.М. Попов

К.К. Қалыбаев

Е.А. Тажмағамбетов

*Мұнай газ кешені нысандарың жобалау кезінде қормаған ортаға әсерін болжамдық бағалау мәселелерін зерттеуге арналған.*

УДК 622.241

**СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕФТЯНЫХ ОТХОДОВ**

Б.Б. Дусипов

Доктор техн. наук У.К. Махамбетова

*Показаны физико-химические свойства нефтяных шламов, представляющие экологическую опасность. В связи с этим, для ее полного учета предлагается разработка дополнительных критериев.*

Предприятия топливно-энергетического комплекса, играя жизненно важную роль в экономике страны, одновременно являются одними из главных виновников сложившейся экологической обстановки. На их долю приходится около 48...75% выбросов вредных веществ в атмосферу, от 20 до 36% в сточные воды и от 5 до 30% уходит на образование твердых отходов (поэтому наиболее уязвимой составляющей окружающей среды является атмосферный воздух) [1, 3]. К числу последних относятся нефтешламы, являющиеся вторичными источниками загрязнения окружающей среды.

В Актюбинской области 19 месторождений нефти. Базовыми являются Кенкиякское и Жанажольское месторождения, суммарные геологические запасы нефти которых составляют 450 млн. тонн. В связи со специфическими особенностями физико-механических свойств нефти месторождения Жанажол – высокое содержание сероводорода и углекислого газа в попутном газе, потребовалось создание специальной системы сбора, подготовки нефти, газа, воды. Для этих целей в 1984г. был введен в эксплуатацию Жанажольский газоперерабатывающий завод, впервые сооруженный в бывшем СССР на отечественном оборудовании, который является опытно-промышленным предприятием.

Прежде, чем говорить о влиянии нефтепродуктов на окружающую среду, логично рассмотреть химический состав нефти, так как ее миграция в окружающей среде и результирующее воздействие на флору и фауну зависят от природы индивидуальных химических компонентов. Сырая нефть является смесью химических веществ, содержащей сотни компонентов [4]. Более 75% общего состава нефти приходится на углеводороды; кроме них в нефти в небольших количествах содержится сера, азот и ки-

слород: в виде  $H_2S$  – 2,019 %, диоксида азота – 0,15 % и несколько меньше кислорода. Эти добавочные элементы обычно входят в состав молекул углеводорода. Углеводородный компонентный состав сырой нефти Жанажольского газоперерабатывающего завода следующий, % –  $CH_4$  – 9,218;  $C_2H_6$  – 5,717;  $C_3H_8$  – 8,114;  $C_4H_{10}$  – 2,252;  $C_5H_{12}$  – 2,999;  $C_6H_{14}$  – 2,713;  $C_7H_{16}$  – 6,659;  $C_{8-выс.}$  – 50,222.

Основное различие между нефтью, добытой в различных географических регионах, обусловлено не химическим составом, а содержанием отдельных компонентов; последнее и влияет на химические и физические свойства сырой нефти. Состав нефти обычно определяется количественным содержанием углеводородов, которые делятся на парафины, циклопарафины, ароматические и нефтеароматические углеводороды. Сырая нефть содержит 25% парафинов, их обнаруживают главным образом во фракциях с низкой температурой кипения (40...230 °C).

Циклопарафины, которые также называют нафтенами, составляют 30-60% общего состава сырой нефти. Ароматические углеводороды по свойствам сильно отличаются от циклопарафинов. Эти различия определяются характером связей. Бензол – простейший ароматический углеводород, его производные преобладают в легкокипящих нефтяных фракциях, в высококипящих фракциях содержатся ароматические углеводороды. Ароматические углеводороды менее распространены в нефти. Чаще всего в ее состав входят углеводороды сложной структуры, включающие остатки парафиновых, циклопарафиновых и ароматических углеводородов.

В таблице приведена общая характеристика сырой нефти. Остаточные фракции содержат углеводороды, кипящие при высоких температурах. Несмотря на то, что в их состав входят кислород, сера, азот и примеси металлов, их молекулярная структура состоит из слоев сконденсированных гетероциклических колец, соединенных короткими n-парафиновыми цепочками. Имеются также гетероциклические остатки.

Компонентный состав нефти Жанажольского газоперерабатывающего завода показывает, что основную часть легкой фракции составляют парафиновые углеводороды  $C_5$ - $C_{11}$ , которые, как известно, разлагаются и улетучиваются еще на поверхности почвы или смываются водными потоками. Наиболее высокотоксичными считаются легкие углеводороды, что свидетельствует о необходимости их нейтрализации за счет химического и физико-химического связывания. Высокомолекулярные парафиновые углеводороды ( $C_{12}$ - $C_{17}$ ) которые составляют около 50%, нетоксичны для живых организмов [2].

Примерная характеристика нефти [5]

Фракция	Содержание в сырой нефти, % масс	Диапазон точек кипения, °С	Растворимость в дистиллированной воде, 10 <sup>4</sup> % (масс)
<b>Парафины</b>			
C <sub>4</sub> -C <sub>12</sub>	0,1-20	69-230	9,5-0,2
C <sub>17</sub> -C <sub>25</sub>	0-10	230-450	0,01-0,004
<b>Циклопарафины</b>			
C <sub>6</sub> -C <sub>17</sub>	5-30	70-230	55-1,0
C <sub>13</sub> -C <sub>23</sub>	5-30	230-405	1-0
<b>Ароматические моно-адициклические</b>			
C <sub>6</sub> -C <sub>11</sub>	0-5	80-240	1780-0
<b>Полициклические</b>			
C <sub>12</sub> -C <sub>18</sub>	0-5	240-400	12,5
<b>Нафतेпо-ароматические</b>			
C <sub>9</sub> -C <sub>25</sub>	5-30	180-400	1-0
Остатки	10-70	>400	0

В настоящее время при определении класса опасности шламов учитывают интегральный показатель содержания нефтепродуктов без учета содержания индивидуальных токсинов, что недостаточно при многокомпонентности и разнообразии шламов с расширением географии нефтедобычи.

Таким образом, для полного определения вредного экологического воздействия должны быть разработаны дополнительные показатели, учитывающие входящие в состав нефтешламов токсичные элементы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кесельман Г.С., Махмудбеков Э.А. Защита окружающей среды при добыче, транспортировке и хранении нефти и газа. – М., 1981. – 254 с.
2. Мазлова Е.А., Мещеряков С.В. Экологические характеристики нефтяных шламов. // Химия и технология топлива масел. – № 1, 1999. – С. 40-42.
3. Хаиров Г.Б. Современные экологические проблемы в нефтяной отрасли Республики Казахстан // Нефть и газ. – № 3, 2001. – С. 93-98.
4. Химия окружающей среды. – Пер. с англ.: Дж. О.М. Бокриса. – М.: Химия, 1982. – 672 с.

5. S.F. Moore, R.L. Dwyer and A.M. Katz, A. Preliminary Assesment of the Environmentab Vulnerability of Machiasbay, Maine to Oil Supertahklis, Massachusetts institute – of Technology. Camhridge, Massachysets, 1973.

Центральная лаборатория сертификационных  
испытаний строительных материалов

## **МҰНАЙ ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ПРОБЛЕМАЛАРЫ (МӘСЕЛЕРІ)**

Б.Б. Дүсіпов

Техн. ғылымд. докторы      У.К. Махамбетова

*Экологиялық қауыпты болатын мұнай қалдықтарының физикохимиялық қасиеттері көрсетілген. Осыған байланысты оны толық есепке алу үшін қосымша критерияларды ұсылынған.*



УДК 622.241

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ НЕФТЯНОЙ  
ОТРАСЛИ**

М.М. Утегенов

З.Н. Алтасва

Б.Б. Дусипов

Доктор техн. наук

З.А. Естемесов

Доктор техн. наук

У.К. Махамбетова

*Предлагается нефтэкологическая концепция интенсификации, включающая развитие нефтедобывающей промышленности рациональное использование и охрану недр и окружающей среды при разработке добычи сырья.*

В настоящее время экология стала объектом пристального внимания ученых, политиков, юристов, экономистов, технологов и многих других субъектов, связанных с состоянием окружающей среды. И это не удивительно, ведь окружающая среда включает все многообразие объектов естественных и искусственных систем.

Экология является наукой фундаментальной, так как занимается изучением состояния сред обитания. Одновременно экология носит и прикладной характер, поскольку изучает состояние конкретных экосистем. Это наука о симбиозе искусственных и естественных систем, это экономика живых систем и сред.

В основе экологического баланса положено понятие баланса экоресурсов. В качестве универсальных индикаторов состояния среды можно использовать индикаторы типа рН показателя по множеству водных сред, опять же в противовес многочисленным экономическим показателям, которые не оценивают состояние экосистем. Для этого необходимо определить стандарты среды обитания. В частности, определена система нормативных показателей на состояние окружающей среды. Это различные ПДК, ПДВ, нормы Сан ПиН, стандарты на качество технологических процессов и первичного сырья.

Производственная деятельность при стремлении быть безотходной и экологически чистой, к сожалению, не пользуется лучшими научными

достижениями. Решающее значение здесь имеет экономический фактор. Развитые страны, имеющие весьма высокий уровень жизни, максимально стремятся к этому. Одновременно можно понять и развивающиеся страны, которые также стремятся поднять уровень благосостояния за счет экономических, но не всегда экологических технологий. Это все непосредственно относится и к нашему государству, в частности, к нефтедобывающему и нефтеперерабатывающему сектору производства.

При планировании развития производительных сил в регионах в этой области важность учета экологических факторов резко возрастает.

В современных условиях для решения проблем экологического характера в нефтеперерабатывающей отрасли необходимо основываться на следующих концепциях:

1. **развитие нефтедобывающей промышленности по интенсивному пути;**
2. **рациональное использование и охрана недр при разработке добычи сырья;**
3. **охрана окружающей среды.**

Таким образом, предлагается нефтеэкологическая концепция интенсификации. Интенсификация производства предполагает:

- рациональное размещение производительных сил;
- использование высокоэффективной техники и технологии;
- проведение прогрессивной сырьевой политики.

Под интенсификацией нефтяной промышленности необходимо понимать:

- увеличение коэффициента извлечения природного сырья из недр;
- увеличение удельных производственных мощностей предприятий;
- повышение эффективности использования земель;
- повышение коэффициента использования накопленных и текущих отходов;
- обеспечение разведанными запасами действующих и проектируемых предприятий;
- повышение эффективности внешней торговли;
- снижение уровня на единицу конечной продукции.

Вопросы интенсификации использования природных ресурсов решаются по-разному в сфере производства природного сырья (нефтегазодобывающей отрасли) и в сфере потребления.

В *сфере сырья* – комплексное освоение крупных сырьевых регионов, оптимизация величины потерь при добыче и переработке сырья, исполь-

зование всех содержащихся в сырье компонентов, утилизация отходов производства, вовлечение в эксплуатацию прогрессивных технологических решений. Это позволяет более полно использовать природные, трудовые и финансовые ресурсы, снизить транспортные расходы.

Экономическая эффективность этих предприятий должна определяться в масштабах страны в данной отрасли. Комплексный подход в изучении природных ресурсов и выявлении экономической эффективности представляет собой одну из главных проблем региональной экономики.

В сфере потребления природного сырья – это снижение расхода и потерь сырья за счет применения более современной технологии, использование вторичного сырья и отходов и др. На рис. представлена структура потерь нефти на всех стадиях её производства и потребления.

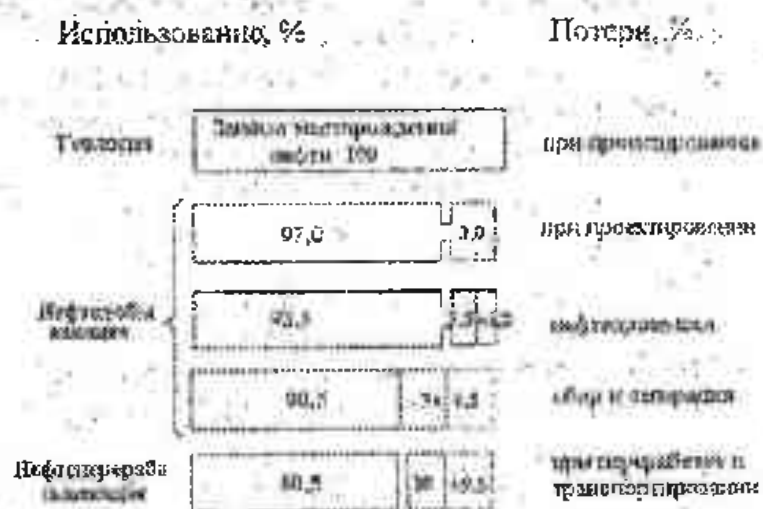


Рис. Структура потерь нефти на всех стадиях её производства и потребления.

Согласно экспертным оценкам на нефтепромыслах теряется до 3,5% всей добываемой нефти некоторое количество нефти теряется в системе сбора и сепарации на промыслах, а также при транспортировке по трубопроводам [1]. Велики потери нефти из резервуаров из-за несовершенства их конструкции. В среднем с пропускной способностью 40 млн. т в год, в зоне месторождений и трасс нефтепроводов на каждый квадратный километр приходится 0,02 т разлитой нефти в год.

**Нефтеэкологическая концепция.** Согласно данной концепции необходимо рассматривать, в комплексе проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Нефтедобывающее производство оказывает существенное влияние на все элементы биосферы. Однако в этой области имели место случаи,

когда некоторые технологические решения были эффективными в снижении себестоимости добычи и переработки сырья, но наносили значительный ущерб комплексному использованию природных ресурсов. В это же время известны случаи, когда тот или иной нефтетехнический процесс, положительно воздействуя на один из элементов биосферы, может крайне отрицательно влиять на другой. Сущность нефтэкологической концепции заключается в рассмотрении любого нефтетехнического процесса в прямой или косвенной связи с элементами биосферы.

В соответствии с этим для принятия окончательного решения по тому или иному варианту техники и технологии для обеспечения оптимального уровня воздействия нефтедобывающего производства на окружающую среду необходимо:

- проанализировать воздействие данного технико-технологического варианта на каждый элемент биосферы;
- произвести суммарную оценку вышесказанных локальных воздействий и выбрать оптимальный вариант.

Нефтэкологическую концепцию необходимо использовать при рассмотрении деятельности отдельной буровой для предотвращения большого расхода природных ресурсов и загрязнения окружающей среды. Таким образом, экологическая стратегия развития нефтедобывающей промышленности должна строиться на основе оптимизации воздействия производства нефти на окружающую среду.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хаиров Г.Б. Современные экологические проблемы в нефтяной отрасли Республики Казахстан. //Нефть и газ. – 2001. - №3. - С.93 - 98.

Центральная лаборатория сертификационных  
испытаний строительных материалов

### МУНАЙ САЛАСЫН ДАМУЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ СТРАТЕГИЯСЫ

	М.М. Өтегенов
	З.Н. Алтаева
	Б.Б. Дусипов
Техн. ғылымд докторы	З.А. Естемесов
Техн. ғылымд докторы	У.К. Махамбетова

*Мұндай өндірістің оларды нақты пайдаланатын және жер қолдануы қоршаған ортаны қорғауы мұндай экологиялық концепциялармен интенсификациясы ұсынылды.*

УДК 558.567

**НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Доктор техн. наук Т.К. Султанбеков  
З.Н. Алтаева

*В данной статье предлагается объективная экологическая оценка городских строительных отходов.*

В связи со значительным загрязнением окружающей среды нашей страны отходами различных производств проблема переработки городских строительных отходов сегодня приобрела острый характер. Многие районы и города Казахстана по оценкам специалистов относятся к группам с высоким уровнем загрязнения. При больших объемах промышленных отходов во всех регионах уровень их утилизации, в частности, в области строительных материалов, составляет менее 10% [2].

В последнее время актуальным становится применение и производство экологически безопасных строительных материалов. Производимая продукция должна соответствовать следующим требованиям:

- не должна выделять опасных для окружающей среды и здоровья человека веществ при производстве и применении;
- в случае аварии или стихийного бедствия исключить возможность выделения опасных для окружающей среды и здоровья веществ;
- экономия ресурсов, дающая возможность возобновления и доступные способы добычи;
- минимальный расход энергии на производство, транспортировку и применение строительных материалов;
- не влиять на настроение и здоровье людей;
- использовать строительные материалы, рассчитанные на длительный срок эксплуатации;
- при производстве и применении материалов с минимумом отходов, исключить опасные отходы.

Таким образом, производство строительных материалов не должно наносить ущерб окружающей среде. При подборе материалов главным фактором должна быть экологическая безопасность в отношении здоровья человека и окружающей среды.

Наряду с этим наблюдается острая нехватка традиционных природных ресурсов для производства строительных материалов. Так, в центральных и западных регионах страны вовлечение в производство много-тоннажных и малоиспользуемых в настоящее время городских строительных отходов является своевременным и актуальным. При этом приоритетным фактором для исследователей и производителей является экологическая безопасность, которая учитывает влияние на здоровье человека и окружающую среду всех фаз производства и применение строительных материалов на основе вторичного сырья.

Оценить состав, количество твердых промышленных отходов (ТПО) очень тяжело. Большие колебания в объеме образования отходов для предприятий одного профиля, отсутствие строгого учета, а иногда и их сокрытие не дают возможности провести хотя бы обобщенную оценку.

Поэтому количество промышленных отходов по Казахстану приближенно оценить очень трудно. Для суммарной оценки их по всей стране можно применить обычный подход, например, для приближенных оценок взять величину суточных ТПО развитых стран на конец шестидесятых - начало семидесятых годов: 0,8... 1,0 кг/сут-чел. По Казахстану согласно этого удельного показателя по расчетам Султанбекова Т.К. [3] при населении 17 млн. человек городских строительных отходов образуется в сутки - 1360 т, а в год - 496400 т. Использование этих отходов самими предприятиями характеризуется в следующем количестве: использовано в собственном производстве - 4,5 %, обезврежено - 0,5 %, захоронено самими предприятиями - 75 % в том числе, на санкционированные свалки и полигоны твердых бытовых отходов (ТБО) вывезено около 20%.

Промышленные отходы, в частности, городские строительные оказывают определенное воздействие на литосферу, гидросферу и атмосферу. Основным параметром, определяющим вредность того или иного химического вещества в почве, является предельно-допустимая концентрация его в почве ( $ПДК_n$ ). При превышении  $ПДК_n$  создаются экстремальные условия, которые способствуют действию вредного вещества на почву, учитывается также его воздействие и на другие живые организмы; учитывается и суммарный эффект его воздействия. Для обоснования  $ПДК_n$  необходимо обязательно учитывать следующие показатели (признаки) вредности: органолептический (изменение запаха, привкуса, пищевой ценности, фитотест растений и т. п.); общесанитарный (влияние на самоочищение почвы) и т. д.

Надо заметить, что вредность отходов оценивается не только по

величине ПДК<sub>n</sub>, но и по концентрации в них наиболее вредных веществ, а также по растворимости их в воде. Чем больше относительная доля  $C_i$  вредного вещества в отходах и выше растворимость его  $S_i$ , тем при данном ПДК<sub>n</sub> опаснее эти отходы.

Для оценки опасности отходов необходимо знать индексы токсичности  $K_{Ti}$  составляющих данные отходы веществ:

$$K_{Ti} = \frac{ПДК_{ni}}{C_i + S_i}, \text{ мг/кг.}$$

Чем меньше  $K_{Ti}$ , тем опаснее вещество. Из всех веществ, содержащихся в отходах, выбирают три наиболее токсичных и по ним подсчитывают индекс токсичности и степень опасности отходов, показанные в табл. 1.

Таблица 1

Степень опасности отходов [1]

$K_{\Sigma}$ , мг/кг	Класс токсичности	Степень опасности
< 2	I	Чрезвычайно опасные
2,1...16	II	Высокоопасные
16,1...30	III	Умеренно опасные
> 30,1	IV	Малоопасные

Автор [1] рассмотрел номенклатуру ТПО, как токсичных, так и нетоксичных, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номенклатура твердых промышленных отходов [1]

Класс опасности	Номенклатура твердых промышленных отходов
I	Ртутьсодержащие лампы, фенолы и другие отходы химических производств.
II	Нефтеотходы и отходы химических производств
III	Масла и нефтеотходы, лаки, краски, эмали. Осадки и шламы, обрезки материалов, промасленные отходы (ветошь, опилки, песок), отходы смазки охлаждения и другие.
IV	Осадки и шламы, отходы литейного производства, аккумуляторы, котельные шлаки и др.
Нетоксичные	Лом металлов, строительные отходы, отходы пищевой промышленности, бумага, стеклобой и другие.

В данной работе нами были использованы городские строительные

отходы четвертой, седьмой и двенадцатой групп согласно предложенной классификации Султанбекова Т.К. Городские строительные отходы представляют: отходы гипсоволокнистых листов (ГВЛ), пенополистирола и опилки. При оценке степени опасности индекс токсичности данных отходов  $K_d$  колеблется в пределах 31,3... 33,1 мг/кг, что относит их к классу токсичности IV и являются малоопасными. Согласно табл. 2 отходы ГВЛ, пенополистирола и опилки по классу опасности относятся к нетоксичным.

Основным исходным сырьем для производства пенополистирола является вспенивающийся полистирол. В качестве вспенивателя применяется пентан, который вводится в полистирол на стадии полимеризации. Известно, что пентан под воздействием влаги, содержащейся в воздухе, и солнца быстро превращается в двуокись углерода и воду. Период его распада в таких условиях составляет 2-3 дня. В почве и воде он разрушается еще интенсивнее. Содержание стирола в исходном сырье не превышает 0,1%. Такая концентрация стирола не представляет угрозу для окружающей среды и здоровья человека. Кроме того, период распада стирола в атмосфере еще меньше, чем у пентана.

Биологическое влияние пенополистирола было изучено Институтом биостроительных исследований (Карлсфельд, Германия) [4]. Материал оценен как биологически нейтральный продукт, что позволяет использовать его даже для изготовления тары для хранения детского питания.

Согласно исследований [4] изделия из полистирола относятся к «трудновоспламеняемым материалам, не образующим капель при горении». В случае пожара продукты горения пенополистирола идентичны продуктам горения древесины.

Полученные результаты приведены в табл. 3. Анализ показал, что концентрация окиси углерода в продуктах горения пенополистирола незначительна по сравнению с концентрацией в продуктах горения таких строительных материалов, как дерево, древесно-волоконные плиты, гипсо-волоконные листы, пробка. Продукты сгорания перечисленных материалов не представляют опасности для окружающей среды. Остатки после сгорания не содержат веществ, загрязняющих воздух, почву и грунтовые воды. Отходы от производства и применения строительных материалов могут быть использованы повторно в строительстве и других областях.

В связи с этим, полученные показатели экологической безопасности подтверждают возможность использования городских строительных отходов для получения экологически чистых материалов.



Газообразные продукты распада при полукоксовании и горении пенополистирольных изделий в сравнении с органическими строительными материалами (метод DIN 53436) [4]

Наименование материала	Состав газов	Концентрация газов, % · 10 <sup>-4</sup> , при температуре испытания, °С			
		300	400	500	600
Пенополистирол	окись углерода	10	50	500	1000
	ароматические соединения	50	120	520	60
Еловая древесина	окись углерода	400*	600*	12000*	15000*
	ароматические соединения	-	-	-	300
Древесно-волоконистая плита	окись углерода	1400*	24000**	59000**	69000**
	ароматические соединения	Следы	300	300	1000
Гипсо-волоконистые листы	окись углерода	1200**	21000**	41000**	50000**
	ароматические соединения	Следы	100	200	20
Пробка	окись углерода	1000	3000	15000*	29000*
	ароматические соединения	Следы	200	1000	1000

*Примечание.* \* - тление/полукоксование. \*\* - пламенное горение.

Городские строительные отходы, используемые в качестве заполнителя в легких бетонах, обладают следующими преимуществами:

- обеспечивают высокую огнезащиту;
- препятствуют потерям тепла;
- по группе горючести относятся к классу Г1;
- по классу токсичности Т4.

Легкие бетоны на основе вышеперечисленных городских строительных отходов по радиационному фактору допускаются к применению при строительстве жилых и общественных зданий. Радиационно-экологическая чистота их подтверждена заключением СЭС г. Алматы. Исследуемые изделия являются трудно сгораемыми и не подвержены гниению.

Таким образом, экологическая оценка бетонов с использованием опилок, отходов пенополистирола и безобжигового гравия на основе от-



## УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Редакционная коллегия журнала "ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ" (регистрационное свидетельство N 1538) приглашает Вас к сотрудничеству. Журнал выходит 4 раза в год. Мы рады сообщить Вам, что по решению ВАК РК статьи, опубликованные в нашем журнале, принимаются при защите докторских и кандидатских диссертаций. Статьи должны соответствовать гидрометеорологическому и экологическому профилю.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСИ, СДАВАЕМОЙ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА "ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ"

В комплект рукописи, присылаемой автором, должны входить: основной текст статьи, не превышающий 12,5 страниц текста, включая таблицы, рисунки и список литературы (формат указан ниже), аннотация на русском и казахском языках, не более 10 строк, дающая ясное представление о содержании статьи; на английском языке дается название статьи, Ф.И.О. авторов; список литературы в алфавитном порядке авторов на русском далее на иностранном языке (составляется согласно ГОСТу 7.1-84). Число рисунков не более трех на одну статью. Перед заголовком статьи следует указать расширенный индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК). Помимо машинописного варианта статьи обязательно предоставляется ее дубликат, записанный на дискете.

#### Оформление рукописи:

Весь текст рукописи, включая таблицы, отпечатывается на ПК на одной стороне стандартного листа плотной бумаги белого цвета, интервал - 1,2. Параметры поля страницы: верхнее 20 мм, нижнее 75 мм, левое 75 мм, правое 10 мм. Красная строка 12,5 мм, режим набора Microsoft Word, шрифт Times New Roman (стиль нормальный), размер шрифта 11. Заголовок статьи из прописных букв, шрифт полужирный.

Реферат помещается перед основным текстом статьи, после заголовка и списка авторов (представленного в столбик с указанием ученой степени), набирается курсивом, отступы по 5 мм слева и справа.

#### См. примеры

УДК 551.461.25 (465.75)

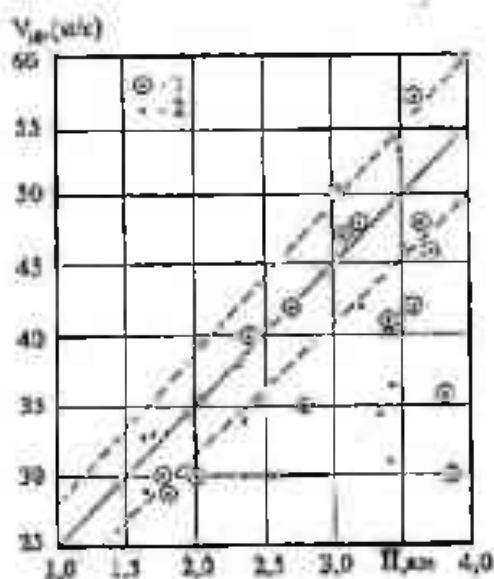
**О ВЛИЯНИИ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА  
НА УРОВЕНЬ КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов

Канд. техн. наук В.И. Ли

Канд. геогр. наук В.П. Попова

**Рисунки** готовятся с соблюдением ГОСТа в режиме Paint (Rainbrush), графики, диаграммы, гистограммы - в режиме Microsoft Excel, и вставляются в текст. Подпись рисунка помещается под ним и набирается курсивом (см. пример). Целые цифры от дробной части числа отделяются не точкой, а запятой. Расшифровка обозначений в строку после подписи. На поле рисунка надписи не допускаются, кроме индексов или цифр обозначений. Размер цифр и букв на рисунке такой же, как и в тексте, индексов - не меньше 1,5 мм.



*Рис.2. График высотной зависимости максимальных скоростей ветра, вероятных 1 раз в 10 лет для передовых хребтов Тянь-Шаня с высотами гребневой линии 3-4 км:*

*1 – основной экспедиционный пункт, радиорелейная станция, автоматическая радиометеорологическая станция; 2 – пункты микросъемки*

**Таблицы** оформляются без дополнительной разграфки поля таблицы, разграфляется только "шапка" и внешний контур таблицы. Номер таблицы и смысловое название - над таблицей, примечание - под ней (с соблюдением ГОСТа) (см. пример).

Матрица коэффициентов парной корреляции

	x	$I_{ст}$	$\lambda$	$\varphi$	$\Delta H$
x	1	-0,62	0,50	-0,48	-0,48
$I_{ст}$		1	-0,27	0,24	0,32
$\Delta H$					1

Примечание. Все показатели нормированы.

Единицы физических величин приводятся в Международной системе СИ (ГОСТ 8.417-81), либо дается перевод приведенных единиц в систему СИ.

Названия организаций, учреждений, географические названия и т.п. даются в последней редакции. К историческим названиям в скобках приводятся современные.

**Математические, химические обозначения и формулы** набирать в режиме Microsoft Equation. В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные ГОСТом. Номера формул указываются у правого края страницы в круглых скобках. Ссылки в тексте на порядковый номер формулы также дают в круглых скобках. Рекомендуется перевод формул на однострочный набор, если это не затруднит их восприятие читателем (см. пример).

$$\Delta z = W / \omega(z) + W_x / \omega(z) + P - W_{\text{доп}} / \omega(z) - E. \quad (1)$$

В тексте обязательно приводится расшифровка всех параметров и аббревиатур. Все сокращения выполняются в соответствии с ГОСТом и словарем сокращений.

**РУКОПИСИ, ОФОРМЛЕННЫЕ НЕ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К ПУБЛИКАЦИИ НЕ ПРИНИМАЮТСЯ И АВТОРАМ НЕ ВОЗВРАЩАЮТСЯ.**

На отдельном листе в редакцию высылаются сведения об авторе (авторах) с указанием фамилии, имени, отчества (полностью), домашнего и служебного адресов и телефонов, точного названия учреждения, в котором была выполнена работа, ученой степени и ученого звания автора.

Редакция сохраняет за собой право отклонять рукописи и делать необходимые редакционные исправления, дополнения и сокращения в принятых рукописях. Статья может быть возвращена автору на доработку. В отдельных случаях по просьбе редакции предоставляются рецензии на статью.