

*Му
Джамал*

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

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

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

Әр тоқсанда шығарылатын
Ғылыми-техникалық журнал

№1-2

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Бжеквартальный
научно-технический журнал

АЛМАТЫ
2001



РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Кудеков Т.К., генеральный директор РГП "Казгидромет", канд. геол.-мин. наук (председатель); Медеу А.Р., директор института географии МОиН РК, доктор геогр. наук (зам. председателя); Ахметов А.С., вице - министр МОиН РК, доктор техн. наук; Бейсенова А. С., зав. кафедрой АГУ, чл.-корр. НАН РК, доктор геогр. наук; Мусатаев М.Х., вице - министр МПРООС РК, доктор экон. наук; Болдырев В.М., декан КазГУ, доктор геогр. наук; Госсен Э.Ф., академик НАН РК, доктор с.-х. наук; Бишимбаев В.К., ректор Таразского ГУ, чл.-корр. НАН РК, доктор техн. наук; Чередишченко В.С., зав. кафедрой КазГУ, профессор КазГУ, академик АН Высшей школы, доктор геогр. наук; Чигаркин А. В., (зав. кафедрой КазГУ,) доктор геогр. наук; Ахмеджиснов Т.К., зав. отделом ВАК МОН РК, доктор геогр. наук.

Редакционная коллегия

Бурлибаев М.Ж., директор КазНИИМОСК, канд. геогр. наук (председатель); Кожсахметов П.Ж., директор Центра научно - методических разработок РГП "Казгидромет", канд. техн. наук (зам. председателя); Семенов О.Е., ВНС КазНИИМОСК, канд. физ.-мат. наук (зам. председателя); Ивкина Н.И., СНС Гидрометцентра, канд. геогр. наук (ответственный секретарь); Бельгибаев М.Е., профессор, доктор геогр. наук; Степанов Б. С., ГИС КазНИИМОСК, доктор геогр. наук; Акбасова А.Д., профессор, доктор техн. наук; Турсунов А.А., профессор, доктор техн. наук; Достай Ж.Т., доктор геогр. наук; Амиргалиев И.А., профессор, доктор геогр. наук; Уманец В.И., профессор, доктор геогр. наук; Подольный О.В., доктор геол.-мин. наук; Садыкья Д.Ш., зав. кафедрой КазНТУ, профессор, доктор геол.-мин. наук; Муртазин Е.Э., директор ЦНЗПС, канд. геол.-мин. наук; Гагаева О.С. (компьютерный набор).

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 1 - 2

©

Журнал выходит 4 раза в год.

Регистрационное свидетельство № 1538

Министерства печати РК.

Подписной индекс 75855.

Подписано в печать 14.11.2001.

Формат 70x100/16. Печать офсетная. Бумага офсетная

Объем 28,8 п.л. Тираж 500 экз. Заказ 307.

Цена договорная.

Типография КазгосИНТИ.

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

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

- У.М. Султангазин, А.Х. Ахмеджанов**
Численные методы восстановления вертикальных профилей температуры и удельной влажности по данным дистанционного зондирования. 7
- А.Т. Кевжибаев**
Расчет количества выпавших осадков при конвекции, возникающей над территорией Казахстана. 14
- Л.В. Лебедь, Ж.К. Ахмадиева**
Агроклиматические условия формирования почвенных влагозапасов под яровой пшеницей и почвенной засухи в Акмолинской области. 22
- О. Е. Семенов, А.П. Шапов, О.С. Галаева**
Дефляционные процессы песков Южного Прибалхашья и их влияние на опустынивание территорий. 33
- Б.А. Сазанова**
Оценка ветроэнергетических ресурсов Северного Казахстана. 44
- В.В. Голубцов**
Определение задержания осадков растительным покровом. 53
- Б.С. Степанов, А.Х. Хайдаров, Р.К. Яфязова**
Механизмы, приводящие к формированию селей дождевого генезиса в высокогорной зоне Заилийского Алагау. 74
- В.П. Попова**
Оценка влияния возможного изменения температуры воздуха и атмосферных осадков на уровень Каспийского моря. 82
- В.В. Голубцов**
Классификация русел полугорных и горных потоков по величине коэффициента шероховатости. 87

В.С.С.

Айс. Турсунова, М.Х. Сарсенбаев	
Уточнение возобновляемых водных ресурсов бассейна озера Балхаш.	102
С.К. Базарбаев, М. Ж. Бурлибаев, А.С. Коспанов, Е.Ж. Муртазин	
Концепция единой государственной системы мониторинга окружающей среды и природных ресурсов.	112
Г.Д. Садыкова	
Определение особо низких концентраций ртути и ионов других металлов в объектах окружающей среды.	125
Ж.М. Жаппарова, Г.Д. Садыкова, Е.Ж. Муртазин	
Загрязнение рек г. Алматы ионами тяжелых металлов. ...	132
М.Ж. Бурлибаев, А.А. Волчек, Д.А. Костюк, Ю.А. Кузавко	
Применение акустики сильно диссипативных сред к решению промышленных, сельскохозяйственных и экологических задач: состояние, перспективы и прогноз.	141
Р.К. Яфазова	
Загадка лессового покрова конусов выноса рек северного склона Заилийского Алатау.	155
М.Е. Бельгибасв, А.М. Бельгибасв	
Деградация почв: состояние и проблемы.	161
К.М. Баймырзаев	
Природно-ресурсный потенциал, территориальное сочетание природных ресурсов: определение понятий, сущности и классификации.	175
НАША ИСТОРИЯ	
Л.В. Лебедь	
Научные исследования по агрометеорологии в Казахстане.	182

CONTENTS

SCIENTIFIC ARTICLES

- U.M. Sultangazin, A.H. Akhmedjanov**
Numerical Methodes for Restoration of Atmospheric Vertical
Temperature and Specific Humidity Profiles by Distance
Sundering Dates. 7
- A.T. Kenzhibayev**
The Calculation Quantity Falling Rains by Convection
Spring up Over Kazakstan Territory. 14
- L.V. Lebed, Zh.K. Akhmadiyeva**
The Agroklimatological Conditions of Soil Moisture
Formation Under Spring Wheat and Soil Drought in
Akmolinskaya Oblast. 22
- O.E. Semenov, A.P. Shapov, O.S. Galayeva**
Deflation Processes of South Pribalhashja Sands and their
Influence on Territory Desertification. 33
- B.A. Sazanova**
Estimation a Wind Energy of Resources of Northern
Kazakstan. 44
- V.V. Golubtsov**
Definition of Precipitation Interception by a Vegetative Cover. 53
- B.S. Stepanov, A.Kh. Khaidarov, R.K. Yafyazova**
Mechanisms Which Provoke Forming of Rainfall Caused
Mudflows in High Mountain Zone of the Zailiyskiy Alatau
Mountains. 74
- V.P. Popova**
Valuation of Influence Air Temperature and Atmospheric
Rain Probable Changes On Caspian Sea Level. 82
- V.V. Golubtsov**
Classification of Half-Mountain and Mountain Streams
according to Size of Roughness Coefficient. 87

Aic. Tursunova, M. II. Sarsenbaev	
Specification of Renewed Water Resources of Pool of The Balkhash Lake.	102
C.K. Bazarbayev, M.Zh. Burlibayev, A.C. Kospanov, E.J. Murtazin	
Conception of United State System for Monitoring of Environment and Natural Resources.	112
G.D. Sadiykova	
Definition of Particular Low Concentration Mercury and Other Metal Ions in Environment Objectes.	125
Zh.M. Zhapparova, G.D. Sadiykova, E.J. Murtazin	
Pollution of Almaty Rivers by Heavy Metals Ions.	132
M.Zh. Burlibayev, A.A. Volchek, D.A. Kostujk, Iu.A. Kuzavko	
Use of Acoustics Strongly Dissipate Environments for Decision Industrial Agricultural and Ecological Tasks: State, Perspective and Forecast.	141
R.K. Yafyazova	
Phenomena of Loess Covering of Debris Cones of The Zailiyskiy Alatau Northern Slope Rivers.	155
M.E. Belgibayev, A.M. Belgibayev	
Soil Degradation: State and Problems.	161
K.M. Baimiyrzayev	
Nature-Resources Potential, Territorial Combination Nature Resources: Determination Concepts, Essence and Classifications.	175
OUR HISTORY	
L.V. Lebed	
Scientific Research on Agricultural Meteorology in Kazakstan.	182

УДК 528.88(15), 528.85/.87(15)

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И УДЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИЗ КОСМОСА

Академик АН РК У.М. Султангазин

Канд. геогр. наук А.Х. Ахмеджанов

Рассматриваются вопросы использования данных дистанционного зондирования из космоса в определении распределений метеорологических параметров в атмосфере. На основе решения обратной задачи предлагаются методы восстановления вертикальных профилей температуры и удельной влажности.

Глобальные данные распределения метеорологических элементов очень важны для задач прогноза погоды и решения ряда прикладных задач спутниковой метеорологии. В решении этих проблем могут быть использованы данные дистанционного зондирования в виде спектрального распределения уходящего теплового излучения, фиксируемого ИСЗ.

Общая постановка задач дистанционного зондирования метеорологических параметров с ИСЗ в диапазоне от ультрафиолетового до инфракрасного (ИК) излучения с использованием теории сопряженных уравнений и уравнений ценности информации сформулирована в [6]. Различным задачам восстановления температурного поля при взаимодействии земной поверхности и атмосферы со спутников в ИК диапазоне спектра посвящено достаточно много работ [1 - 5, 8 - 12].

В настоящей работе поставлена задача построения численной модели восстановления вертикальных профилей температуры и удельной влажности с учётом поглощения теплового излучения водяным паром, имеющимся в атмосфере.

Уходящее излучение земли генерируется в различных слоях земной атмосферы и тем самым отражает термический режим этих слоёв или концентрацию водяного пара в них. Измеряемое спутниками тепловое излучение, есть сумма всех излучений элементарных слоёв атмосферы, характеризующееся функцией ослабления теплового излучения Φ_{out} зависящая от вертикального профиля удельной влажности $q(p)$, давления P и

температуры $T(p)$, а также от длины волны λ (или частоты ν), на котором фиксируется излучение, и угла визирования ϑ .

Интегральная форма уравнения переноса инфракрасного или микроволнового излучения является основным соотношением, которое позволяет связать интенсивность излучения, измеряемую с ИСЗ, с вертикальным распределением температуры в атмосфере. Для уходящего теплового излучения $J_{\lambda, \mu}$ на верхней границе атмосферы уравнение переноса в изобарической системе координат записывается в следующем виде [2]:

$$J_{\lambda, \mu} = B_{\lambda}[T(p_0)]\Phi_{\lambda, \mu}[p_0, q(p_0), T(p_0)] + \int_0^{p_0} B_{\lambda}[T(p)] \frac{\partial \Phi_{\lambda, \mu}[p, q(p), T(p)]}{\partial p} dp, \quad (1)$$

где $B_{\lambda}[T(p)]$ - функция Планка, $\Phi_{\lambda, \mu} = \exp\left(-\frac{1}{\mu}\tau_{\lambda}\right)$ - функция ослабления теплового излучения в атмосфере, τ_{λ} - оптическая толщина атмосферы, $\mu = \cos \vartheta$.

Интенсивность теплового излучения $J_{\lambda, \mu}$ является сложной функцией, зависящей от профиля температуры $T(p)$ и распределения поглощающих веществ (водяной пар, углекислый газ, водные капли и аэрозоль). Для простоты в этой задаче учитывается только водяной пар. Функционал (1) зависит от оптических характеристик в различных спектральных интервалах (λ - длина волны) и различных углах визирования (ϑ - угол визирования со спутника).

Оптическая толщина атмосферного слоя воздуха, заключенного между уровнем p_2 и p_1 в изобарической системе координат определяется соотношением

$$\tau_{\lambda}(p) = \int_0^p \alpha_{\lambda}(t) dt, \quad (2)$$

где $\alpha_{\lambda}(t)$ - функция поглощения теплового излучения в атмосфере. Функция поглощения $\alpha_{\lambda}(p)$ излучения находящимся в атмосфере водяным паром может быть представлена в виде

$$\alpha_{\lambda}(p) = k_{\lambda}(p)\rho(p), \quad (3)$$

$$k_{\lambda}(p) = k_{\lambda}^0 e(p), \quad (4)$$

где $k_{\lambda}(p)$ - коэффициент поглощения водяного пара на единицу плотности пара, $\rho(p)$ - плотность водяного пара в атмосфере, $e(p)$ - парциальное

ение водяного пара. Для выбранных ранее длин волн $k_{10\mu}^0 = 0,008$; $= 0,010$; $k_{12}^0 = 0,0135$. Для численного моделирования профиль плотности пара удобнее заменить профилем удельной влажности $q(p)$, тогда можно записать в виде

$$q(p) = 622 \frac{e(p)}{p}, \quad (5)$$

$e(p)$ - парциальное давление пара (гПа).

гда (5) запишется в виде:

$$k_{\lambda}(p) = k_{\lambda}^0 \frac{q(p)}{622} p, \quad (6)$$

будет выглядеть в виде:

$$\tau_{\lambda} = \int_{p_0}^p \frac{k_{\lambda} q(p)}{622} dp \quad (7)$$

функция ослабления излучения может быть представлена как:

$$\Phi_{\lambda, \mu}(p) = \exp \left[- \frac{1}{\mu} \int_{p_0}^p \frac{k_{\lambda} q(p)}{622} dp \right] \quad (8)$$

Для решения уравнения (1) предположим, что при температуре p_0) земная поверхность излучает как черное тело. Тогда интенсивность олящего излучения регистрируемого со спутника в направлении $\theta = \cos \vartheta$, связана с искомой функцией $T(p)$ - согласно (1).

Задача восстановления вертикального профиля температуры в атмосфере сводится к решению этого интегрального уравнения типа Фредгольма первого рода.

Уравнение (1) является нелинейным относительно искомого профиля температуры $T(p)$. Уравнения такого типа являются некорректными, так как для них не выполняется условие непрерывной зависимости решения от данных задач. Это означает, что бесконечно малым отклонениям Δk_{λ} могут соответствовать достаточно большие значения искомого функции $T(p)$. Поэтому при решении таких задач традиционные численные методы не давали нужного результата.

Указанные трудности были преодолены подходом, разработанным И.С. Малкевичем. В нем использовались статистические методы в решении задач восстановления температурного профиля. Такую аппроксимацию могут

обеспечить ортогональные функции, теория которых была разработана А.М. Обуховым, если $T(p)$ представить в виде:

$$T(p) = \bar{T}(p) + T'(p), \quad J_{\lambda, \mu} = J_{\lambda, \mu} + J'_{\lambda, \mu},$$

где $T'(p)$ и $J'_{\lambda, \mu}$ - случайные отклонения от средних профилей $\bar{T}(p)$ и среднего значения $J_{\lambda, \mu}$. Средний профиль температуры можно считать известным по многолетним климатологическим данным, а среднее значение $J_{\lambda, \mu}$ может быть определено из анализа космической информации. Тогда уравнение (1) переищется в виде:

$$J'_{\lambda, \mu} = \frac{\partial B_{\lambda}(T(p_0))}{\partial T} \Phi_{\lambda, \mu}(q(p_0)) T'(p_0) - \int_0^{\infty} \frac{\partial B_{\lambda}(T(p))}{\partial T} T(p) \Phi_{\lambda, \mu}(q(p)) dp. \quad (9)$$

Оптимальная аппроксимация случайной функции $T'(p)$ осуществляется системой ортогональных функций. Примером ортогональных функций является ряд Фурье, поэтому $T'(p)$ можно представить в форме

$$T'(p) = \frac{2}{p_0} \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos \frac{\pi(n-1)}{p_0} p. \quad (10)$$

Допустим, что измерения на спутнике проводятся на тех длинах волн $\lambda_1 = 10,0$; $\lambda_2 = 10,5$; $\lambda_3 = 12,0$ мкм (или частотах $\nu_1 = 1000$ см⁻¹; $\nu_2 = 950$ см⁻¹; $\nu_3 = 833$ см⁻¹) и трёх углах визирования по отношению к надиру $\theta = 24,6^\circ$; $44,4^\circ$ и $54,0^\circ$. Эти данные дают возможность получения системы уравнений из девяти соотношений на основе (1), если подставить (10) в (9) для определения a_n , которая решается методом Гаусса. Здесь необходимо отметить, что именно подход Малкевича дает возможность получения решения плохо обусловленной задачи. Результаты счета показаны на рис. 1а, на котором приведены восстановленные профили вертикального распределения температуры при отклонении измеряемого на ИСЗ теплового излучения Земли на 10% от среднего теплового излучения, равной $0,3$ кал·см⁻²·мин ($209,4$ Вт·м⁻²) [7]. Стандартный профиль температуры был взят из [2]. Отклонения температуры, согласно рис. 1а, наблюдаются на поверхности Земли и на высоте от 750 до 650 гПа. Отклонения на земной поверхности можно объяснить дополнительным нагревом, а на указанных высотах - влиянием перераспределения удельной влажности, благодаря которой на этих высотах может образовываться облачность.

Представим значения влажности q в виде $q = \bar{q} + q'$, где \bar{q} - средний климатический профиль влажности, q' - искомый профиль отклонений.

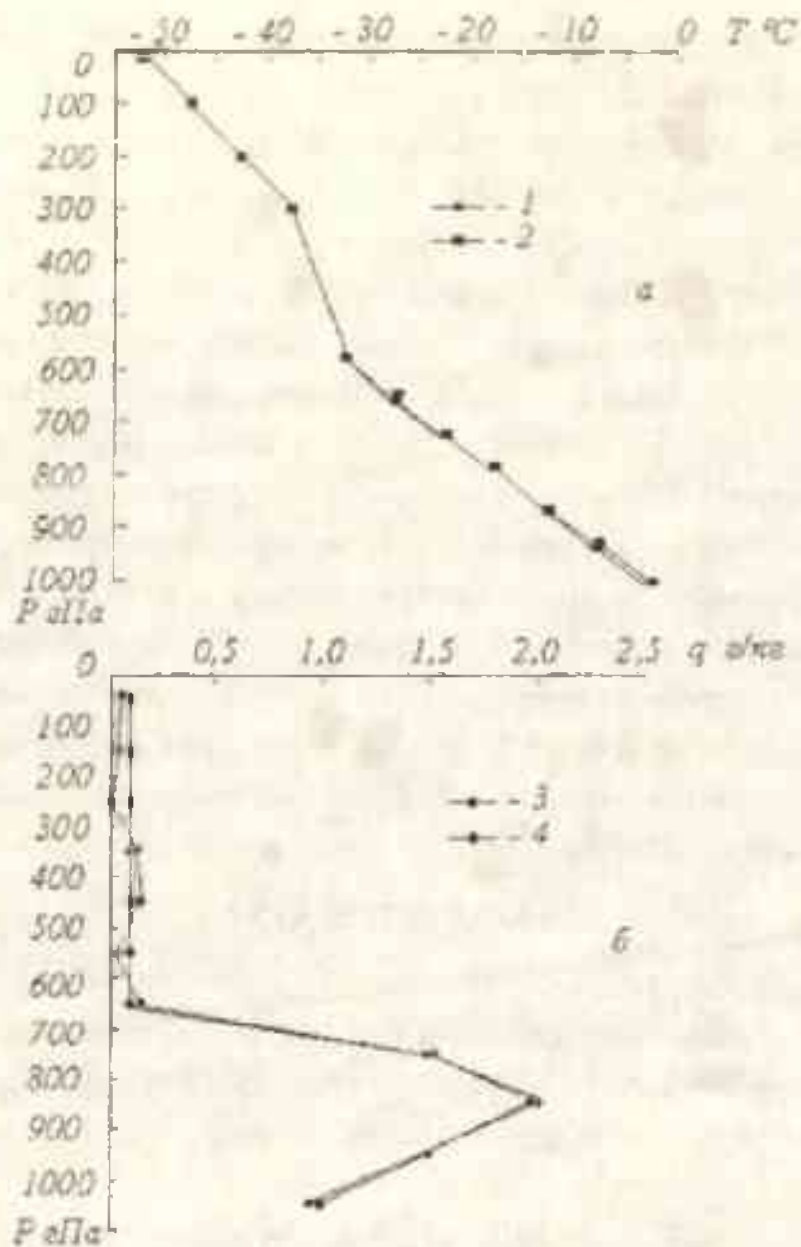


Рис. 1 Распределение по высоте отклонений температуры (1) и удельной влажности (3) от базовых их значений (2, 4) при 10% отклонении значения уходящего теплового излучения.

Оптическая толщина τ_λ атмосферы, связанная с влажностью выражением (7), также может быть записана в виде $\tau_\lambda = \bar{\tau}_\lambda + \tau'_\lambda$. Тогда функцию ослабления согласно (8) можно записать в виде

$$\Phi_{\lambda, \mu} = \left(1 - \frac{\tau'_\lambda}{\mu}\right) \exp\left(-\frac{\tau_\lambda}{\mu}\right), \quad (11)$$

где первый сомножитель есть два первых члена разложения в ряд Тейлора для экспоненциальной функции при малых $\tau' \ll \tau$.

Подставляя искомую функцию отклонения влажности q' в виде ряда (10) в (7) можем определить отклонение оптической толщины атмосферы. Используя выражение для функции ослабления (11) и значение 10% отклонения интенсивности теплового излучения при вышеуказанных длинах волн и углах визирования с помощью функционала (1) можно получить систему из девяти уравнений, которая решается так же, как и при восстановлении профиля температуры. Базовый профиль удельной влажности был взят из [2]. Полученный результат представлен на рис.16. На графике наблюдается небольшое уменьшение значение влажности при 10 % увеличении фиксируемого теплового излучения на искусственном спутнике Земли.

Существенное значение при вычислительных процедурах восстановления вертикальных профилей температуры и влажностей имеют знания их стандартных профилей, а также точность измерения уходящего излучения, состояние атмосферы и алгоритм решения обратной задачи. Для решений этих задач на конкретной территории необходимо создание банка данных дистанционного зондирования, анализ значений фиксируемых излучений, определение средних многолетних данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков Ю.А., Плахов И.Н., Репин И.А. Радиационные потоки у поверхности земли по данным измерений и численного моделирования // *Метеорология и Гидрология*. – 1999. - №7. – С. 14 - 21.
2. Герман М.А. Спутниковая метеорология. Л.: Гидрометиздат. 1975. – 367 с.
3. Кнуренко А.Б., Пытьев Ю.П., Чавро А.И. Метод редукции измерений в задаче определения ТПО при дистанционном зондировании в ИК – диапазоне спектра // *Исследование Земли из космоса*. – 1991. №6. - С. 26 - 34.
4. Козлов В.П. О восстановлении высотного профиля температуры по спектру уходящей радиации // *Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана*. -1966. - Т. II. - №2. -С. 137 - 148.
5. Малкевич М.С. Оптические исследования атмосферы со спутников. - М.: Наука, 1973. – 304 с.
6. Марчук Г.И. Уравнение для ценности информации с метеорологических спутников и постановка обратных задач // *Космические исследования*. – 1964. - Т.П.-3. - С. 462 - 477.
7. Матвеев Л. Г Физика атмосферы Л.: Гидрометиздат. 1976. – 639 с.

8. Покровский О.М. Оптимизация метеорологического зондирования атмосферы со спутников. - Л.: Гидрометеиздат. 1984. - 264 с.
9. Чавро Ф.И. Физические основы и методы определения температуры поверхности океана со спутников. - М.: ОВМ АН СССР, 1990. - 174 с.
10. Arking A. Absorption of solar energy in the atmosphere: Discrepancy between model and observation. - Science. - 1996. - vol. 271. - P. 779 - 782.
11. Atwater M. A. The radiation model. - USA, Hartford, Connecticut, Center for the Environment and Man, 1974. - Sect.4. - vol.1. - CEM Rep. №. 5131 - 4099. - P. 67 - 82.
12. Charlock T., Rose F., et al. Retrievals of the surface and atmospheric radiation budget: Tuning parameters with radiative transfer to balance pixel-scale ERBE data. - 8th Conf. On Atmospheric Radiation, AMS, Jan. 1994. - Nashville. - P. 435 - 437.

Институт космических исследований

**ҒАРЫШТАН ДИСТАНЦИЯЛЫҚ СҰНГІЛЕУ МӘЛІМЕТТЕРІ
БОЙЫНША ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ВЕРТИКАЛДЫ
ПРОФИЛЬДЕРІН ЖӘНЕ МЕНШІКТІ ЫЛҒАЛДЫЛЫҚТЫ
ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУДІҢ САНДЫҚ ӘДІСТЕРІ**

Қ Р Ф А академиясі

У.М. Сұлтангазин

Геогр. ғылымд. канд

А.Х. Ахмеджанов

Атмосферадағы метеорологиялық параметрлердің бөлаңуін анықтаудағы ғарыштан дистанциялық сұңгілеу мәліметтерін пайдалану мәселелері қарастырылған. Кері есепті шешу негізінде температураның вертикалды профильдерін және меншікті ылғалдылықты қалпына келтірудің сандық әдістері ұсынылған.

УДК 551.509.324.2 (574)

**РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ВЫПАВШИХ ОСАДКОВ ПРИ
КОНВЕКЦИИ, ВОЗНИКАЮЩЕЙ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ
КАЗАХСТАНА**

Канд. геогр. наук А. Т. Кенжибаев

В статье приведены расчетные формулы для определения количества выпавших осадков, увеличивающих расходную часть воды в створе при формировании селей.

Прогноз локальных стихийных явлений погоды является одним из сложных недостаточно решенных вопросов гидрометеорологии Казахстана. Большое практическое значение играет вычисление количества осадков над регионом. В статье поставлена цель получить расчетные формулы на основе параметров, вытекающих из анализа уравнения переноса водяного пара и воздушных частиц в атмосфере.

Ранее для территории Казахстана проведено исследование связи траектории воздушных частиц с осадкообразующими процессами. Полученная информация для прогноза количества осадков дает возможность иметь представление о влиянии неоднородности подстилающей поверхности [1], о переносе водяного пара в атмосфере [2], о характере локализации во времени и пространстве осадков [3, 4, 8]. Многие вопросы остаются неизученными в формировании ливней и обильных снегопадов.

Из анализа данных [9 - 11] следует, что в формировании типовых атмосферных процессов основную роль играют следующие факторы: горизонтальный перенос воздушных масс, упорядоченный подъем воздуха в течение длительного времени и компенсирующий нисходящий поток в средней тропосфере, а также термодинамические факторы. Приведем наглядные прогностические признаки связи скорости и направленности смещения приземных циклонических и антициклонических образований. Например, смещение за сутки барических образований в северном направлении надо ожидать при скоростях ветра на уровне флюгеров менее 5 м/с, а при скоростях более 10 м/с наблюдается преимущественно восточная направленность перемещения атмосферных объектов. При скоро-

стях 5,1 - 10,0 м/с антициклоны смещаются в восточном направлении, а циклонические образования - в северо-восточном. Антициклональные процессы не обуславливают выпадения значительных осадков. Осадки следует ожидать при расположении очагов холода в термическом поле на ОТ 500/1000 восточнее 56° в.д. и южнее 55° с.ш. Выпадения осадков не следует при термической адвекции тепла не более 6° за 12 часов и угла адвекции воздушных масс менее 30° . При развитии теплового высотного гребня до 55° с.ш. над регионом, выпадающие осадки на территории Казахстана не превышают 10 мм.

Немаловажную роль в формировании осадков играет траектория воздушных частиц, поскольку она определяет поле облачных ресурсов. Сложность состоит в определении начальных точек траектории (откуда следует адвекция холода и водяного пара) воздушных частиц. Сличение видов траекторий с типовым процессом выявляет масштаб опускания и растекания частиц, а также отражает процесс трансформации воздушных частиц вдоль траектории [2]. Из статистического анализа следует, что форма траектории частиц на уровне 850 гПа принимает часто вид восьмерки. Длительность пребывания частиц при указанной форме траектории над регионом исследования может достигать 7 - 10 суток. Обращает внимание то, что с высотой кривизна траектории спрямляется только на уровне 500 гПа. Проведение сопоставления форм траекторий воздушных частиц с типовыми процессами показало, что в формировании поля влажности над территорией Казахстана в основном играют медленные упорядоченные подъемы воздуха и адвективно-конвективное движение. Большую роль имеет термический режим в слое 850 - 700 гПа. В работах [3, 4, 9] указано на дополнительное увлажнение нижних и средних высот тропосферы, которое в значительной степени определяется кривизной форм траектории частиц на высотах 850, 700 и 500 гПа при антициклональных процессах.

Известно, что вследствие кривизны траекторий расчетное движение воздушных частиц над исследуемым регионом оказывается более медленным по сравнению с действительным. Торможение подстилающей поверхности земли можно учесть путем ввода параметра кривизны траектории, который определяется конфигурацией барического поля [10 - 11]. Коэффициент кривизны вычислялся как отношение длины спрямленного пути (l) между входом и выходом частиц из региона на всю фактическую

длину (L_i) пути, пройденной частицей $k_i = l_i / L_i$. Здесь l_i , L_i — величины, определяемые на уровнях 850, 700 и 500 гПа. По определению безразмерный коэффициент не может превышать единицы. Наличие $k_i = 1$ отражает совпадение траектории воздушных частиц с линиями тока на соответствующих высотах и движение воздушных масс осуществляется по географическому ветру. Отклонение от единицы свидетельствует о том, что фактическая длина траектории воздушных частиц на изобарической поверхности 850 гПа равна длине траектории, построенной на уровне 700 гПа, увеличенной в 1,4 . . . 2,4 раза. По фактическим данным радиозондирования Алматы и Жамбыла (взято 128 случаев) получена эмпирическая зависимость для определения скорости основного потока:

$$U = 3,4 \cdot 10^{0,034U},$$

где U — фактическая (прогностическая) скорость ветра на уровне 500 гПа, м/с. Переносимый поток над регионом имеет направление

$$\alpha_k = 120,6 + 0,002(\alpha_{500})^2.$$

Здесь α_{500} — фактическое (прогностическое) направление ветра в градусах на изобарической поверхности 500 гПа. Для анализа было привлечено 106 случаев. Наличие постоянных величин в приведенных соотношениях свидетельствует о том, что на территории региона высотные барические образования с почти вертикальной пространственной осью перемещаются за сутки на заметное расстояние, вследствие циркуляционных процессов в нижней стратосфере. Этот факт прогнозистами, как правило, не учитывается.

Из полученной информации о траектории воздушных частиц в тропосфере следует, что успешность прогноза погоды над регионом в большей мере зависит от точности определения откуда и куда (эффект начальных точек) осуществляется перенос воздушных частиц в нижнем слое тропосферы. Результаты исследований траекторий воздушных масс указывают на то, что формирование и выпадение конвективных осадков на территории Казахстана связано и с нисходящими движениями на нижних и средних высотах тропосферы. Поэтому, на территории Казахстана наблюдаются ливни, выпадающие на фоне облаков нижних и средних ярусов.

Приведем некоторые положения эмпирической модели процесса вытеснения воздушных масс присутствием приземной фронтальной зоны на юге и юго-востоке Казахстана. Вывод расчетной формулы для вычисления вертикальной составляющей скорости в горной местности при про-

хождении холодных фронтов (набегание фронтальных разделов на горный рельеф) предложен автором в работе [11]. В решении задачи допускается наличие основного потока (аналог ведущего ветра), мало меняющегося в пределах интересующего нас периода времени. Рассмотрено разложение скорости ведущего потока на соответствующие составляющие ветра с учетом ориентации гор рельефа и местонахождения очага холода в средней тропосфере над территорией региона с целью определения нормальной составляющей вектора ветра к фронтальной поверхности. Координата X ориентирована с запада на восток, а ось Y имеет направление с юга на север. Продольная ось гор отклонена от оси Z по часовой стрелке. Местоположение очага холода ориентировано относительно оси Y под углом δ . Азимут фактического направления ветра на изобарической поверхности 500 гПа равен углу β . Разложение полной скорости основного потока воздушной массы проведено с учетом угла наклона фронтальной поверхности, приближающейся к горам, и угла наклона склона к поверхности земли. Считается, что скорость основного потока улавливает максимальный вклад процесса прохождения фронтальной поверхности в горной местности при взаимно перпендикулярном расположении фронтальной поверхности и рельефа.

Рабочая формула для расчета вертикальной скорости в горной местности:

$$W \cong \frac{0,263(V_{1,500} - k_{1,500} \cdot V_{2,500}) \cdot \sin \beta \cdot \sin \delta \cdot \sin(\delta - 42,5)}{\Delta T} \quad (1)$$

где $\Delta T = (t_1 - t_2)_{850}$ - разность температуры воздуха на изобарической поверхности 850 гПа в начальной и конечной точках траектории воздушных частиц; $k_{1,500}$ - коэффициент кривизны траектории на уровне 850 гПа; $V_{1,500}, V_{2,500}$ - скорости воздушной массы на изобарической поверхности 500 гПа в начальной и конечной точках траектории.

Модель описывает дискретность явления, происходящего над горизонтальной, но неоднородной в термическом смысле поверхностью. Интенсивность вертикальных токов над горной местностью обусловлена волновым набеганием холодных воздушных масс над неоднородной поверхностью. Правая часть в выражении (1) свидетельствует о том, что вертикальная скорость претерпевает большие изменения по причине пространственной и временной изменчивости вектора скорости ветра и других метеорологических параметров в турбулентной атмосфере.

При выпадении сильных дождей на северном склоне Заилийского Алатау следует иметь в виду данные, отражающие динамику смещения очага холода (или оси ложбины в средней тропосфере). Например, для территории Казахстана рассмотрены фронтальные зоны на изобарической поверхности 850 гПа, приближающиеся к северному склону хребта Заилийского Алатау. Очаг холода или ось ложбины при правильном проведении фронтального раздела, находится в тылу циклона или за фронтальной зоной. За период с 1979 по 1987 гг. было набрано 535 случаев сосредоточения очагов холода. Очаги сконцентрированы на территории Казахстана, в предгорье Уральских гор и по району, западнее 67,2° в.д. на территории Карагандинской области.

Фактические данные показывают, что с вероятностью более 87 % азимут на очаг холода больше азимута на фронтальную зону. Численные значения рассматриваемого угла колеблются от 0 до 90°. Максимум повторяемости из 113 числа случаев (70 %) падает на градацию угла от 0 до 40°. Дополняющей информацией служит рабочая формула (1) расчета конвективных токов в горной местности при прохождении холодных фронтов.

Расчет количества осадков необходимо проводить в виде произведения степенных функций от интенсивности и продолжительности выпадения осадков по формуле:

$$Q = A \cdot I^{0,73} \cdot \tau^{0,59}, \quad (2)$$

где Q - количество осадков, мм; I - средняя интенсивность осадков за период общей продолжительности, мм/ч; τ - общая продолжительность дождя в часах; A - коэффициент пропорциональности расчетной формулы. Числовые значения A изменяются в зависимости от различных значений выпадающих осадков.

Все параметры, входящие в расчетные выражения количества осадков, зависят от общей продолжительности выпадения дождя [5, 6]. Например, средняя интенсивность дождя для региона

$$I = 10,42 \cdot \tau^{-0,81} \quad (3)$$

при: $A = 2,03 \cdot \tau^{0,18} \quad (4)$

Нами выявлена зависимость между τ и W :

$$\tau = 10,66 \cdot W^{-0,82},$$

где W - вертикальная скорость в $\text{см}\cdot\text{с}^{-1}$. Анализ 264 случаев данных плювиограмм и аэросиноптической информации дал коэффициент линейной корреляции 0,80 между $\lg W$ и τ .

Экстремальные значения выпавших осадков определяются из простого соотношения $Q_m = K_m \cdot Q$. Безразмерный параметр K_m является показателем дополнительного вовлечения атмосферной влаги из тропосферы в моменты выпадения осадков. По плювиограммам выпадений 299 случаев ливней получен $K_m = 831 \cdot \tau^{0.62}$, коэффициент корреляции между $\lg \tau$ и K_m равен 0,73. Наши исследования подтверждают, что максимально возможные значения ливней у поверхности земли обусловлены фоновым процессом и конвективными явлениями в нижней тропосфере.

Вычисление общей продолжительности выпадения осадков в часах осуществляется по формуле

$$\tau = 0,009 \cdot H_c / U,$$

где H_c - высота уровня конденсации, м; U - скорость смещения облачных систем, м/с. Определение продолжительности ливней τ позволяет проводить расчеты всех параметров по расчету количества ливневых дождей Q , I и A по формулам (2) - (4).

Найдена связь между высотой уровня конденсации, вычисленной по относительной влажности, и дефицитом точки росы ($t - t_d$) в $^{\circ}\text{C}$: $H_c = 771 + 106,5(t - t_d)$, [7]. Все 245 взятых случаев были выбраны с учетом прохождения синоптических процессов, обуславливающих выпадение осадков более 20 мм за сутки в Заилийском Алатау. По данным метеорологической станции в районе г. Алматы за период 1969 - 1987 гг. для теплого полугодия осуществлено вычисление высот уровня конденсации. Связь между относительной влажностью и дефицитом точки росы предлагается в виде выражения $f = 100 - 143\sqrt{t - t_d}$, где f - относительная влажность (%) у поверхности земли.

Также была предпринята попытка исследовать корреляционную зависимость между количеством выпавших ливневых осадков и расходом воды в горных реках. Получена степенная формула вида

$$Q_c = 202 \cdot 10^{0.004 \cdot Q_m}$$

с коэффициентом корреляции 0,68 между расходом воды в створе реки Q_c и суммой выпавших осадков Q_m при формировании 80 случаев селей. Это по-

зволяет использовать разработанный метод расчета количества осадков для прогноза селевых потоков дождевого генезиса.

Схема реализации расчетного способа прогноза ливней охватывает, с методологической точки зрения, три прогностических момента: на предварительном этапе вычисляются числовые показатели регионального синоптического процесса на предмет появления погодных явлений с соответствующей заблаговременностью. На втором этапе определяются прогностические значения гидрометеорологических величин. Последний этап - прогноз локальных стихийных явлений погоды для территории региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кенжибаев А.Т. О вертикальных токах при мезопроцессах в стратифицированной атмосфере // Тр. КазНИГМИ. - 1980. - Вып.66. - С. 23 - 28.
2. Кенжибаев А.Т. К расчету средней скорости переноса влаги над территорией Казахстана // Тр. КазНИГМИ. - 1985. - Вып.85. - С. 53 - 60.
3. Кенжибаев А.Т. О расчете интенсивности осадков в атмосфере над Казахстаном // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1982. - Вып.83. - С. 17 - 21.
4. Кенжибаев А.Т. О краткосрочном прогнозе локальных стихийных явлений погоды на территории Казахстана // Тр. КазНИГМИ. - 1991. - Вып. 110. - С. 129 - 133.
5. Кенжибаев А.Т. Методика расчетного оперативного способа прогноза обложных и ливневых осадков для равнинной территории Казахстана // Тр. КазНИГМИ. - 1988. - Вып. 100. - С. 103 - 107.
6. Кенжибаев А.Т. Номограммы для расчета произведения степенных функций при прогнозе осадков // Тр.Гидрометцентра СССР. - 1986. - Вып. 275. - С. 96 - 103.
7. Кенжибаев А.Т. Уровень конденсации и высота конвективных облаков на равнинной территории Казахстана // Тр. КазНИГМИ. - 1969. - Вып. 37. - С. 86 - 96.
8. Орлова Е.М. Краткосрочный прогноз атмосферных осадков. - Л.: Гидрометеопиздат, 1979. - 169 с.
9. Обзор особо опасных гидрометеорологических явлений, наблюдавшихся на территории Казахстана в 1968 - 1986 гг. - Алма-Ата: Изд. УГМС КазССР - 123 с.
10. Разработать и усовершенствовать синоптико-статистические методы прогноза с заблаговременностью 18-36 ч стихийных явлений (обильных снегопадов и метелей) для территории Казахстана: Отчет о НИР

(заключительный) / КазНИИ Госкомгидромета. - № ГР 01860039812. -
Алма-Ата, 1988. - 59 с. - Отв. исполнитель А.Т. Кенжибаев.

11. Разработать метод прогноза локальных стихийных явлений (ливней) с
заблаговременностью 12 - 36 ч по северному склону Заилийского Алатау.
Отчет о НИР (заключительный) / КазНИИГМИ. - № ГР 01880025302. -
Алма-Ата, 1990. - 81 с. - Отв. исполнитель А.Т. Кенжибаев.

Казахский научно – исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

**КАЗАКСТАП АУМАҒЫНЫҢ ҮСТІНДЕ ПАЙДА БОЛАТЫН
КОНВЕКЦИЯ ЖАҒДАЙЫНДА ТҮСКЕН ЖАУЫН-ШАШЫН
САНЫН ЕСЕПТЕУ**

Геогр. ғылымдарының канд. А.Т. Кенжебаев

*Мақалада селдердің пайда болуы кезінде тгстамадағы судың
шығынды бөлігін көбейтетін жауын-шашынның санын анықтаудың
есептеу формулалары келтірілген.*

УДК 551.579

АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ ВЛАГОЗАПАСОВ ПОД ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ И ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ В АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Канд. геогр. наук

Л.В. Лебедь

Ж.К. Ахмадиева

В статье приводятся результаты агроклиматических исследований влагообеспеченности яровой пшеницы и почвенной засухи в Акмолинской области.

Для Северного Казахстана, характерна резкая континентальность климата, обусловленная его внутриматериковым расположением и свободным проникновением холодных арктических воздушных масс зимой и сухого воздуха с южных пустынь летом. Годовые суммы атмосферных осадков составляют по Акмолинской области от 250 до 350 мм, что характеризует климат как достаточно сухой. Характерной особенностью распространения осадков является ярко выраженный летний максимум при минимальных их величинах в поздне-зимний и весенний периоды года. Тепловые ресурсы на территории области характеризуются суммами положительных температур воздуха от 2000 до 3000 °С за период с температурой выше 10 °С, что определяет высокие расходы влаги.

В таких климатических условиях зернопроизводство остается одним из ведущих направлений современного сельского хозяйства Северного Казахстана. Посевная площадь под яровой пшеницей - ведущей зерновой культурой составляла в Акмолинской области на 2000 г. 2,8 млн га. Ее посевы в основном размещаются в умеренно-влажной степной зоне с черноземами обыкновенными, умеренно-засушливой степной с черноземами южными и засушливой степной с темно-каштановыми почвами (рис.1). Агроклиматические условия для вегетации яровой пшеницы на территории Северного Казахстана в целом характеризуются достаточным количеством тепла и недостатком влаги.

При агроклиматической оценке влагообеспеченности сельскохозяйственных культур обычно применяются такие показатели как количе-

ство выпавших атмосферных осадков, их межсезонное распределение, различные индексы увлажнения, отражающие соотношение между приходной и расходной составляющей влаги в конкретном регионе (гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова, показатель увлажнения Г.Н. Высоцкого, коэффициент увлажнения Д.И. Шашко, показатель увлажнения А.П. Федосеева и другие).



Рис. 1. Природное районирование Акмолинской области: I – умеренно-влажная степь с черноземами обыкновенными; II – умеренно-засушливая степь с черноземами обыкновенными; III – засушливая степь с темно-каштановыми почвами; IV – умеренно-сухая степь с каштановыми почвами; ▲ – метеорологическая станция.

Наряду с ними, агрометеорологами широко используется такой интегральный показатель влагообеспеченности растений как величина продуктивной влаги в корнесобитаемом слое почвы, характеризующаяся достаточной инерционностью и тесной связью с урожайностью.

Результаты агрометеорологических исследований режима влаги пахотных почв на территории Северного Казахстана отражены в научных трудах, научно-прикладных агроклиматических справочниках и картографических материалах, издаваемых национальной гидрометслужбой [6, 7, 13]. Так, согласно агрогидрологическим картам О.А. Глумовой, среднемноголетние запасы влаги метрового слоя почвы под ранними яровыми культурами составляют по Акмолинской области от 100 до 160 мм в апреле и от 40 до 100 мм в

июле [10]. Отсюда влагообеспеченность посевов яровой пшеницы в среднем за вегетационный период можно оценить на уровне 40 - 60 % от оптимальной.

По исследованиям С.А. Вериги и О.А. Глумовой режим почвенной влаги для положительных форм рельефа Акмолинской области в условиях глубокого залегания грунтовых вод характеризуется от полного весеннего промачивания корнеобитаемого слоя почвы до слабого его промачивания [3, 4]. В случае полного весеннего промачивания почвы, обычно до глубины 100 - 120 см, весенний максимум запасов влаги приближается к наименьшей влагоемкости почвы (НВ). Как показывают результаты наших исследований, для умеренно-влажной степи с черноземами обыкновенными весенний максимум запасов влаги метрового слоя почвы только в 6 - 8 годах из 10 достигает НВ. Для умеренно-засушливой степи с черноземами южными весенний максимум запасов почвенной влаги достигает НВ только в 5 - 6 годах из 10, а для засушливой степи с темно-каштановыми почвами в 2 - 3 годах из 10. Тем не менее, несмотря на достаточную выраженность летнего максимума атмосферных осадков в Северном Казахстане, запасы влаги в почве в весенний период вносят существенный вклад во влагообеспеченность яровой пшеницы на протяжении всего вегетационного периода. Теснота связи между урожайностью зерна и почвенными влагозапасами метрового слоя на период сева культуры по областям Северного Казахстана оценивается величиной корреляционного отношения от 0,40 до 0,49 [13]. Для сравнения, максимальная величина корреляционного отношения, равная 0,78, получена авторами статьи для Акмолинской области при анализе взаимосвязи урожайности яровой пшеницы и влагозапасов на фазу ее колошения (рис.2). О временной взаимосвязи между почвенными влагозапасами на весенний период (до сева культуры) и на летний период (фаза колошения) по природным зонам Акмолинской области можно наглядно судить по рис.3. Его анализ позволяет предполагать о преобладающем вкладе осенне-зимних осадков во влагообеспеченность яровой пшеницы за вегетационный период относительно летних (июнь-июль) осадков на всей территории Акмолинской области.

Межсезонные и межгодовые особенности динамики почвенных влагозапасов под яровой пшеницей можно проследить на многолетних материалах инструментальных наблюдений за почвенной влагой метеорологических станций, расположенных в различных природных зонах на территории Акмолинской области. Из основных закономерностей распределения почвенных влагозапасов метрового слоя почвы в теплый период

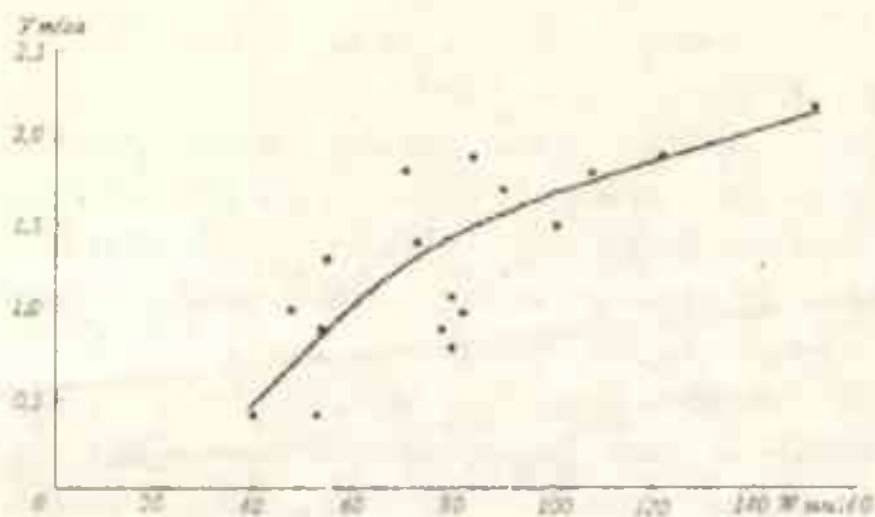


Рис. 2. Зависимость урожайности яровой пшеницы сорта Саратовская - 29 от запасов продуктивной влаги метрового слоя почвы на 20 июля по данным метеостанций за 1987 - 88 гг. Акмолинская область.

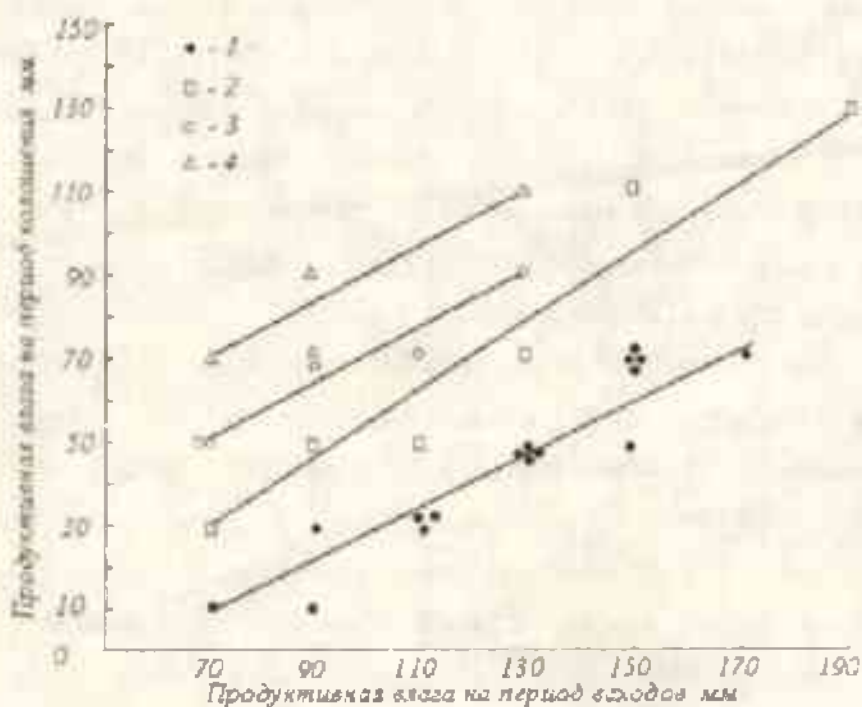


Рис. 3. Влияние летних осадков на взаимосвязь между величинами продуктивной влаги метрового слоя почвы под яровой пшеницей перед посевом и на фазу колошения по природным зонам. 1 - М Атбасар, Егендыколь, осадки за май - июль выше нормы; 2 - то же, осадки за июль выше нормы; 3 - М Щучинск, осадки за май - июль выше нормы; 4 - то же, осадки за июль выше нормы.

года отмечается относительная их устойчивость в весенний период - с апреля до середины июня (табл.1). Это можно объяснить незначительным физическим испарением с почвы в условиях невысоких температур воздуха и отсутствия транспирирующей поверхности. В период активной вегетации растений - со второй половины июня и до середины августа наблюдается резкое уменьшение запасов влаги метрового слоя почвы до 60 - 80 мм в среднем за счет высоких ее расходов в основном на транспирацию, а также физическое испарение с почвы [8]. После уборки урожая почвенные влагозапасы плавно увеличиваются и к началу зимнего сезона составляют по станциям в среднем 50 - 80 % от их весенней величины. Вместе с тем, в годы выраженного летнего максимума осадков запасы продуктивной влаги в июле-августе могут заметно повышаться, в отдельных случаях до величины, равной наименьшей полевой влагоемкости почвы в районах умеренно-влажной и умеренно-засушливой степи. В отдельные сухие годы, исключая умеренно-влажную зону, на территории Акмолинской области запасы продуктивной влаги в слое почвы 0 - 100 см могут значительно уменьшаться в летний сезон вплоть до влажности завядания растений. Закономерности в изменениях среднесезонных запасов влаги в слое почвы 0 - 50 см аналогичны их изменениям в слое 0 - 100 см. Режим влаги верхнего слоя почвы 0 - 20 см в теплый период года согласуется обычно с режимом выпадения атмосферных осадков.

Условия с недостаточной влагообеспеченностью растений характеризуются в сельскохозяйственном производстве как засуха. Устойчивость зернопроизводства на территории Северного Казахстана в первую очередь определяется повторяемостью засух и засушливых явлений. Исследованию засух как природного явления посвящено достаточное количество научных работ, как метеорологов так и агрометеорологов. В соответствии с классификацией засух И.Е. Бучинского, засуха подразделяется на атмосферную, почвенную и атмосферно-почвенную [2]. Атмосферная засуха определяется как "состояние атмосферы, характеризующееся недостаточным выпадением осадков в течение длительного периода времени весной и летом, высокой температурой и низкой влажностью" [14].

Атмосферные засухи в Казахстане исследовались А.С. Утешевым [12], М.Х. Байдалом [1], А.А. Скаковым, Е.Ф. Власенко [9] и др. Ими установлено, что засухи на территории Казахстана развиваются при антициклональном режиме погоды, которая устанавливается на дли-

Таблица 1

Запасы продуктивной влаги в почве (мм) под яровой пшеницей по пеларовому предшественнику. Акмолинская область

Метеостанция, природная зона	Характеристика запасов влаги по слоям	май			июнь			июль			август			сентябрь			октябрь	
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Щучинск	0 - 20 см																	
(умеренно- влажная степь с черноземами обыкновенными)	средняя	29	28	25	24	19	20	20	18	16	17	17	14	14	13	14	16	22
	максимальная	47*	47*	47*	47*	47*	47*	47*	47*	47*	45	37	33	31	33	34	44	44
	минимальная	10	7	8	4	1	7	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	8
	0 - 100 см																	
	средняя	115	104	106	105	93	95	86	76	72	67	62	63	55	56	56	62	73
	максимальная	180	202	223	223	218	186	181	197	174	162	164	143	135	150	112	152	166
	минимальная	33	30	33	28	18	18	18	14	9	12	9	2	6	5	9	14	21
Атбасар	0 - 20 см																	
(умеренно- засушливая степь с черноземами южными)	средняя	29	30	28	26	22	19	11	11	13	9	8	10	10	10	10	16	18
	максимальная	40	39	51	42	32	34	22	39	41	26	34	37	31	36	32	40	38
	минимальная	17	16	8	13	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Метеостанция, природная зона	Характеристика запасов влаги по слоям	май			июнь			июль			август			сентябрь			октябрь	
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
	0 - 100 см																	
	средняя	114	103	114	107	101	93	71	63	54	44	42	44	33	30	28	34	51
	максимальная	201	171	179	200	180	139	123	112	134	139	176	121	93	99	96	112	178
	минимальная	32	34	32	45	49	33	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Егидыколь	0 - 20 см																	
(засушливая	средняя	28	25	22	20	17	13	7	6	6	5	5	7	9	6	4	9	8
степь с темно-	максимальная	45	43	36	40	29	24	19	14	16	13	25	24	17	19	12	22	21
каштановыми	минимальная	17	16	9	8	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
почвами)																		
	0 - 100 см																	
	средняя	122	108	101	103	98	78	62	48	38	29	25	25	16	22	17	27	32
	максимальная	214	168	143	169	198	131	95	79	42	91	91	72	54	75	59	80	92
	минимальная	69	32	0	54	48	37	22	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание: * В случае превышения запасов продуктивной влаги над НВ они приравнивались к НВ

тельный период времени. Чаще всего, большие участки территории Казахстана одновременно засухой не охватываются по причине сложного взаимодействия атмосферы и подстилающей поверхности. В соответствии с [5] повторяемость атмосферной засухи продолжительностью 10 суток и более за период с температурой воздуха выше 10 °С составляет по метеорологическим станциям Акмолинской области от 6 до 31 %.

Почвенная засуха определяется как "иссушение корнеобитаемого слоя почвы при длительном отсутствии осадков, преимущественно в сочетании с высокой испаряемостью" [11]. Почвенная засуха чаще является следствием атмосферной засухи. Она оценивается по уменьшению почвенных влагозапасов до величины, при которой наблюдается угнетенное состояние растений, замедляется, а затем прекращается их рост и развитие вследствие затухания физиологических процессов. Поэтому при оценке почвенной засухи должны также учитываться: вид, сортовые и генетические особенности культуры, технология и условия выращивания или вид естественной растительности и условия ее обитания. В этой связи, уточняя содержание почвенной засухи для условий Северного Казахстана, мы подразумеваем под этим явлением снижение до 50 мм и менее продуктивной влаги в метровом слое суглинистой почвы (при запасах не более 20 мм в пахотном слое) с посевами яровой пшеницы среднеспелых сортов, высеянной по паровому или непаровому предшественнику. В количественном выражении почвенная засуха представлена продолжительностью, исчисляемой обычно в сутках, за вегетационный период культуры или за его месячные интервалы. В табл. 2 для Акмолинской области представлены данные о продолжительности почвенной засухи на сельскохозяйственных полях, занятых яровой пшеницей, по месячным интервалам ее вегетационного периода. В качестве исходных материалов для оценки почвенной засухи использовались результаты инструментальных наблюдений за почвенными влагозапасами метеорологических станций, показанные на рис. 1. Анализ таблицы позволяет выявить интересные закономерности в распределении почвенной засухи по территории области. Так, за вегетационный период яровой пшеницы, который приходится в основном на май-август, продолжительность почвенной засухи составляет по области в среднем от 17 суток (умеренно-влажная степь) до 35 (засушливая степь). В первой половине вегетационного периода (май-июнь) почвенная засуха сдвигается на умеренно-влажную степь, где продолжается в среднем 6 су-

Таблица 2

Продолжительность (в сутках) почвенной засухи на сельскохозяйственных полях под яровой пшеницей, высеянной по непарному предшественнику. Акмолинская область

Метеостанция, природная зона	Продолжительность засухи	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Щучинск, умеренно-влажная степь с черноземами обыкновенными	Средняя	0,4	2,7	3,1	3,8	7,7	10,7	9,6
	Максимальная	7	30	26	27	31	30	31
	Минимальная	0	0	0	0	0	0	0
Атбасар, умеренно-засушливая степь с черноземами кожными	Средняя	0,9	1,0	1,0	7,0	15,6	18,8	17,4
	Максимальная	9	25	23	27	31	30	31
	Минимальная	0	0	0	0	0	0	0
Егіндыколь, засушливая степь с темно-каштановыми почвами	Средняя	0	1,4	2,8	8,9	21,9	23,7	22,8
	Максимальная	0	23	30	31	31	30	31
	Минимальная	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. Расчеты выполнены за период 1966 - 1992 гг. (Щучинск); 1966 - 1994 гг. (Атбасар); 1975 - 1995 гг. (Егіндыколь)

ток, в отдельные годы до 56 суток. Для сравнения, в засушливой степи средняя продолжительность почвенной засухи составляет двое суток, при максимуме до 50 суток. В июле-августе ситуация коренным образом меняется. За счет июльского максимума осадков наименьшая продолжительность почвенной засухи 11 суток в среднем отмечается в умеренно-влажной степи, максимум 58 суток. В засушливой степи она увеличивается до 30 суток в среднем при максимальной продолжительности 62 суток. Обычно наиболее сухим отмечается август (период созревания и уборки урожая) с продолжительностью почвенной засухи от 8 до 22 суток. В отдельные годы, например, 1986, 1992, по всей территории области почвенная засуха не отмечается на протяжении всего вегетационного периода яровой пшеницы.

Выполненные исследования по оценке влагообеспеченности яровой пшеницы и почвенной засухи требуют дальнейшего развития в условиях усиливающейся аридизации климата Казахстана, современного реформирования сельскохозяйственного производства и реконструкции пахотных земель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байдал М.Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебания климата Казахстана. ч. 1 и 2. - Л.: Гидрометеиздат, 1964. - 446 с.
2. Бучинский И.Е. Засухи и суховеи. - Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 214 с.
3. Вериго С.А. Запасы почвенной влаги на территории СССР // Тр. Юбилейной сессии АН СССР, посвященной столетию со дня рождения В.В. Докучаева. - 1949. - С. 38 - 39.
4. Глумова О.А. Агрогидрологическое районирование земледельческой зоны Северного Казахстана // Тр. САНИГМИ. - 1996. - Вып. 152 (233). - С. 100 - 117.
5. Засушливые явления / Научно-прикладной справочник по агроклиматическим ресурсам Республики Казахстан. // Отв. Редактор А.М. Шамен. - Алматы: Издательство АГ и МОС Минэкобиоресурсов, 1997. - 342 с.
6. Копыт А.Д. О методике определения влажности почвы в районах сухостепной зоны Казахстана // Тр. КазНИГМИ. - 1965. - Вып. 24. - С. 154 - 166.
7. Масловская А.Д. Агрометеорологические условия формирования налива и созревания зерна яровой пшеницы на севере Казахстана // Тр. КазНИГМИ. - 1971. - Вып. 40. - С. 51 - 64.
8. Моделирование динамики влаги пахотных земель и условий влагообеспеченности яровой пшеницы в системе "погода-почва-урожай"

- Л.В. Лебедь, В.В. Голубцов, В.И. Ли и др. // Материалы международной научно-практической конференции "Проблемы гидрометеорологии и экологии", посвященной 50-летию КазНИИМОСК. – Алматы. – сентябрь – Издание КазгосИНТИ, 2001. – С.390 – 460.
9. Разработать метод прогноза сухих и влажных периодов на время уборки урожая яровой пшеницы в Северном Казахстане: Отчет о НИР (заключительный) / КазНИГМИ. - № ГР 01900051794. - Алма-Ата, 1992. - 239 с. – Отв. исполнитель Е.Ф. Власенко.
 10. Средние многолетние запасы продуктивной влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами по областям, краям, республикам и экономическим районам. / Справочник, т.2 - Урал, Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток, Казахстан, Средняя Азия / под ред. Кельчевской Л.С. - Л., Гидрометеиздат, 1989. - 64 с.
 11. Толковый словарь по сельскохозяйственной метеорологии (компьютерная версия). - Алматы: ТОО "Стека", 1999. - 356 с.
 12. Утешев А.С. Атмосферные засухи в Казахстане. - Алма-Ата: Издательство "Наука", 1968. - 120 с.
 13. Федюшина Д.П. Метод прогноза среднеобластной урожайности и валового сбора зерновых культур заблаговременностью за три месяца // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1987. - Вып.98. - С. 8 - 14.
 14. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 568 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

АҚМОЛА ОБЛЫСЫНДАҒЫ ЖАЗҒЫ БИДАЙДЫҢ ТОПЫРАҚ ЫЛҒАЛЫНЫҢ ПАЙДА БОЛУЫ МЕН ТОПЫРАҚ ҚҰРҒАҚТЫҒЫНЫҢ АГРОКЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫ

Геогр. ғылымдарының канд. Л.В. Лебедь
Ж.К. Ахмадиева

Мақалада Ақмола облысындағы жазғы бидай топырағының ылғалмен қамтамасыз етілуін және топырақ құрғақтығы бойынша агроклиматтық зерттеулер келтірілген.

УДК 551.515.3:551.311.3

ДЕФЛЯЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПЕСКОВ ЮЖНОГО ПРИБАЛХАШЬЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОПУСТЫНИВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ

Канд. физ. мат. наук О.Е. Семенов
 А.П. Шапов
 О.С. Галаева

В статье приведены скалярные и векторные оценки ветрового переноса песка во время пыльных бурь и поземков в Южном Прибалхашье. Для этого привлечены наблюдения по десяти станциям Южного Прибалхашья за период с 1966 по 1986 гг.

Образование подвижных песков – это экстремальная и наиболее агрессивная фаза развития процесса опустынивания. До недавнего времени считали, что наступление пустынь на окружающие территории осуществляется во время песчаных бурь, когда барханы или дюны перемещаются на значительные расстояния, расширяя безжизненное пространство песчаной пустыни. Однако, оказалось, что существует и другой более агрессивный и эффективный способ наступления песчаных пустынь. Американские специалисты Т. Максвелл и В. Хейнс изучая космические снимки со спутника "Ландсат" обнаружили на них изображения неизвестных ранее структур, которые были названы "шевронами". Они представляют собой тонкие, но очень широкие слои песка, простирающиеся от пустыни на большие расстояния и занимающие значительные площади. Массы песка в шевронах достаточно велики, чтобы подвергать опустыниванию новые районы. Очевидно, что шевроны не что иное, как выпадающие из шлейфов выноса сильных песчаных бурь скопления наиболее грубозернистого песка.

Пыльные бури часто возникают одновременно с суховеями. Поднимаемые ветром с поверхности Земли сильно нагретые частицы отдают тепло воздуху. Переносимые с потоком частицы пыли и мелкого песка нагреваются за счет поглощения солнечного излучения. В результате этих двух процессов насыщенный аэрозольными частицами поток имеет более высокую температуру, чем чистый воздух. Повышение температуры воз-

духа приводит к снижению относительной влажности и усиливает пагубное действие суховея. Весенние и летние бури бывают при влажности воздуха 30 %, нередко снижаясь до 10-12 %.

Минеральный аэрозоль почвенно-эрозионного происхождения, считается одним из важнейших компонентов атмосферы и составляет по различным оценкам от 50 до 80 % (по массе) полного количества сухого аэрозоля аридных районов мира. Основным источником этого аэрозоля являются пустыни, занимающие около 30 % территории суши. При современном развитии процессов опустынивания увеличивается поступление аэрозолей в атмосферу. С другой стороны аэрозоль сам является причиной климатического развития процессов опустынивания и увеличения дискомфорта климата на окружающих территориях. Он изменяет радиационные и микрофизические свойства воздушных масс, поглощает и рассеивает солнечную радиацию, уменьшает ее приход к поверхности Земли, и изменяет спектральный состав. Во время пыльных бурь отмечается снижение приземной температуры воздуха днем и повышение ночью, происходит уменьшение суточной амплитуды температуры на 15 - 20 °С, до 30 % уменьшается поток прямой солнечной радиации, понижается температура почвы. Снижение температуры почвы и приземного воздуха, изменение спектрального состава солнечной радиации ведет к увеличению периода созревания сельскохозяйственных культур, что отмечено китайскими учеными. В запыленной атмосфере формируется инверсионное распределение температуры воздуха с высотой, которое препятствует развитию конвекции, образованию облачности и осадков. По данным радиозондирования рост температуры воздуха в замутненной аэрозолем атмосфере можно проследить иногда до высоты в несколько километров. Долговременное присутствие этих частиц в аридных областях способствует увеличению приземной температуры на 1 °С. Таким образом, аэрозоль активно влияет на формирование региональных климатов аридных областей и Земли в целом, усиливает процессы опустынивания.

Последние несколько десятилетий характеризуются интенсивным освоением зоны пустынь во всех странах мира. Активному антропогенному воздействию подверглись и легко ранимые в экологическом отношении песчаные пустыни Южного Прибалхашья. Падение уровня воды в оз. Балхаш после начала заполнения Капшагайского водохранилища с 1970 г сократило зеркало водоема на 4700 км², что привело к образованию новых площадей суши. Снижение уровня грунтовых вод и зарегулирова-

ние стока рек Или и Каратала вызвало высыхание в их дельтах многочисленных озер, в том числе и соленых. Вследствие этих причин и возросшего техногенного давления на песчаные пустыни в Южном Прибалхашье появились новые очаги дефляции и источники поступления частиц песка, пыли и солей в атмосферные потоки, так как потенциально климатические условия региона способствуют их развитию.

Выполненные в КазНИГМИ в начале 70-х годов исследования метеорологических характеристик дефляционных процессов на юго-востоке Казахстана показали, что пыльные (песчаные) бури являются характерным явлением пустынного ландшафта Прибалхашья с его скудным растительным покровом и наличием легко переносимого ветром дисперсного материала на подстилающей поверхности.

По исследованиям Л. П. Тулиной в среднем многолетнем за период года с апреля по сентябрь в Прибалхашье наблюдается от 60 до 127 дней с ветроэрозивной погодой, т.е. дней с сухой подстилающей поверхностью и ветром со скоростью, превышающей критическую величину для начала переноса частиц мелкого песка (6 м/с). С вероятностью 0,75 число дней с такой погодой на большей части территории песков Таукум и Сарыесикотрау достигает 80 – 100, возрастая на южном берегу Балхаша до 100 – 120 дней [3].

Число дней с экстремальными проявлениями процессов дефляции в виде пыльных (песчаных) бурь достигает 30 - 40 дней в песках Таукум, в дельте и долине реки Или и на южном побережье озера Балхаш, уменьшаясь до 10 - 20 дней в песках Сарыесикотрау и предгорных районах Джунгарского Алатау [4]. Высокая природная обусловленность дефляционных процессов в изучаемом регионе заставляет с особой осторожностью относиться к природному комплексу Прибалхашья, так как любое нарушение растительного покрова должно приводить к значительному росту площадей подвижных песков, уменьшению продуктивности пустынных пастбищ, запылению атмосферы.

Для расчетов массы песка, переносимой ветром в приземном слое атмосферы во время явлений дефляции песков создана модель, в которой в качестве исходной информации используются стандартные наблюдения метеорологических станций за пыльными бурями, скоростью ветра и данные о среднем геометрическом размере частиц песка в исследуемом районе [2]. Модель позволяет получить оценки переноса массы песка над подвижными

массивами или определять потенциальные транспортирующие возможности ветровых потоков в случае, если песчаные массивы закреплены.

При изучении ветрового переноса песка во время песчаных бурь и поземков в Южном Прибалхашье были привлечены материалы наблюдений десяти метеорологических станций за период с 1966 по 1986 годы. Характеристика объемов переноса в песках левобережья реки Или (Таукумах, Абдулкумах, Прикаскеленских Моинкумах) выполнена по данным станций Чиганак, Куйган, Айдарлы, Курты, Капшагай и Баканас. Результаты расчетов, полученные по материалам наблюдений на станциях Баканас и Куйган, освещают и прилегающие к ним районы песков Сарыесикотрау. Западная часть этого массива характеризуется также данными станции Аул № 4, а восточная - станциями Наймансуек и Уштобе, расположенных на правом берегу реки Каратал. К сожалению, в рассматриваемый период отсутствуют метеорологические наблюдения в центральной и северном частях песков междуречья Или и Каратала. Перенос песка в юго-восточной части Прибалхашья в междуречье Каратал-Аксу-Лепсы исследован по наблюдениям трех станций - Матай и упомянутых выше Наймансуек и Уштобе.

Принимая во внимание изменчивость дисперсного состава песков по территории изучаемого региона [1] средний геометрический размер их частиц при расчетах объемов переноса был принят следующим: для станций Айдарлы, Аул № 4, Капшагай, Курты - 130; Чиганак, Куйган - 110; Баканас, Матай, Наймансуек, Уштобе - 100 мкм.

На основании совместного анализа полученных данных об интенсивности переноса масс песка в регионе и карт числа суток с пыльными бурями и дефляционным типом погоды были определены зоны с повышенными и пониженными средними многолетними годовыми расходами песка в Южном Прибалхашье (рис. 1).

Зона с повышенными средними многолетними годовыми расходами песка 2270—3000 т/(км·год) начинается на востоке в районе ст. Матай и охватывает с юга оз. Балхаш поясом шириной 75—80 км. Далее она, огибая горы Ушкара, сужается в дельте р. Каратал до 40—50 км. Западнее р. Каратал граница зоны пересекает пески Бестас в направлении к дельте р. Или, где круто поворачивает на юго-восток и тянется вдоль правого берега реки до гор Куланбасы неширокой (30—40 км) полосой. На западе Прибалхашья граница зоны тянется от оз. Балхаш на юго-восток и прохо-

дит вдоль южной границы песчаного массива Таукум и далее узкой полосой вдоль левого берега р. Или на восток.



Рис. 1. Зона повышенных объемов ветрового переноса песка в Южном Прибалхашье.

Такая конфигурация зоны высокой опасности развития дефляционных процессов объясняется строением рельефа Южного Прибалхашья и ветровым режимом этой территории, где области с повышенными скоростями ветра приурочены к побережью оз. Балхаш и долине р. Или. Выделенная по средним многолетним годовым расходам песка зона с повышенной дефляционной опасностью мало меняет свою конфигурацию и для расходов малой накопленной вероятности (1 и 5 % обеспеченности). Она лишь несколько расширяется на крайнем юге, в результате чего в ее границы входит метеостанция Айдарлы и в районе Ушкобе появляется очаг с повышенными объемами переноса, где один раз в 20 и 100 лет можно ожидать проявления выветривания песчаных поверхностей почти такой же интенсивности, как и в зоне повышенной дефляции.

Большая часть территории песков Сарыесикотрау имеет гораздо меньшие средние многолетние годовые расходы песка — порядка 300 — 450 т/(км·год). Поэтому эти песчаные массивы представляют значительно меньшую в отношении развития дефляции опасность и мало влияют на экологическую ситуацию в прилегающих к ним районах.

Результаты вычислений средних многолетних годовых расходов песка во время песчаных бурь и поземков и их основных статистических характеристик по изучаемым станциям даны в таблице.

Таблица

Основные статистические характеристики переноса масс песка в Южном Прибалхашье

Станция	Ср. геометрический размер частиц, мкм	\bar{M} т/(км-год)	σ т/(км-год)	C_s	C_v	C_E
Айдарлы	130	867,9	1252,3	1,38	2,60	7,09
Аул № 4	130	246,6	287,9	1,17	2,08	4,14
Баканас	100	2267,2	1696,6	0,75	1,34	0,96
Капшагай	130	2594,5	2384,4	0,67	1,78	3,15
Куйган	110	2936,1	2308,7	0,78	0,95	0,26
Курты	130	320,9	634,1	1,02	1,21	0,47
Матай	100	2634,5	1611,0	0,51	0,52	-0,79
Наймансуек	100	65,9	257,1	3,03	3,67	12,43
Чиганак	110	291,9	413,5	1,07	1,67	1,74
Уштобе	100	433,8	639,4	1,47	2,06	3,34

Исследования показали, что дефляционные процессы в Прибалхашье очень динамичны во времени и на них оказывают влияние крупномасштабные процессы, происходящие в атмосфере всей планеты (Рис.2). Наибольшая интенсивность золowych явлений была в период с 1975 по 1985 год, после чего наступила фаза их спада, что несколько смягчило негативное влияние выноса аэрозолей на экологию региона. Снижение интенсивности бурь объясняется уменьшением скоростей ветра в 80-90 годы во всем Центрально-азиатском регионе, что обнаружено не только нами, но узбекскими и китайскими метеорологами.

Для различных прикладных и теоретических задач по изучению влияния переноса песка на производственную деятельность и экологические проблемы часто необходимо учитывать направление движения ветропесчаных потоков, то есть рассматривать их в качестве векторных величин, так как наряду со скалярной характеристикой (массой) потоки песка имеют и кинематический параметр — направление в пространстве. Примерами такого векторного подхода к исследованиям бурь могут служить задачи по определению скорости и направления перемещения золowych

форм рельефа (барханов, песчаных гряд), по выносу частиц песка на прилегающие территории, взаимодействию песчаного потока с сооружениями. Поэтому дальнейшим развитием исследований по климатологии переноса масс песка явилось рассмотрение их в качестве векторных величин.

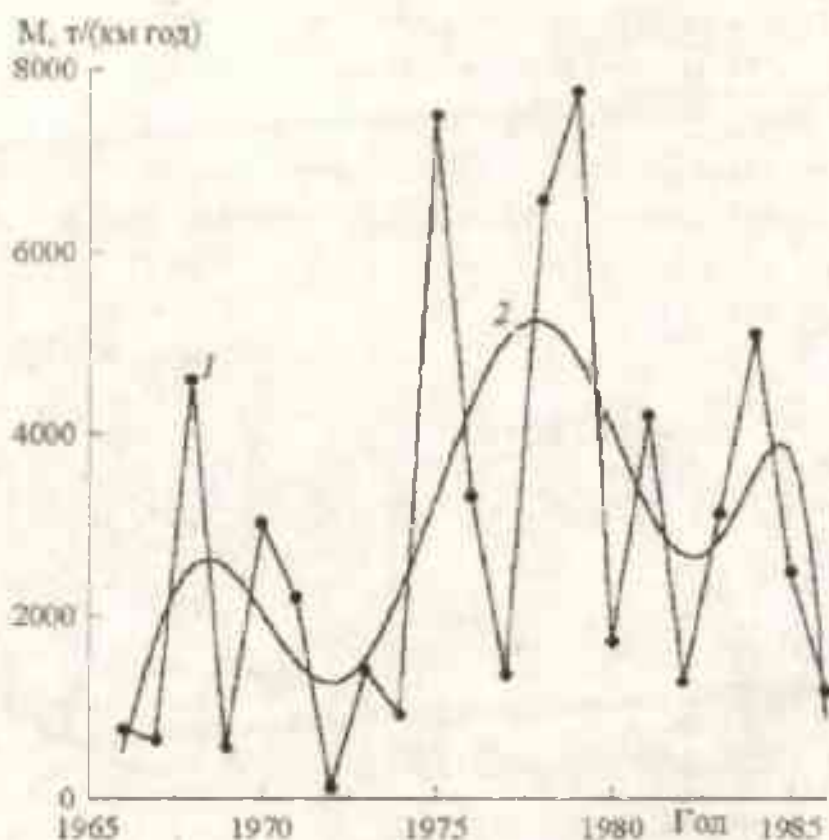


Рис. 2. Многолетний ход массы песка, переносимого пыльными бурями и поземками (1) и скользящая средняя (2) на метеостанции Куйган.

Очевидно, что между переносимой ветром за пыльную бурю массой песка и перемещением за этот же период барханных цепей или отдельных барханов должна существовать линейная зависимость. Экспедиционные наблюдения показывают, что золотые формы рельефа двигаются по направлению вектора перемещенной за бурю массы песка. Их годовое движение по земной поверхности должен определять результирующий годовой вектор, а в многолетнем аспекте – результирующие средние многолетние векторы ветрового переноса песка.

Другим важным аспектом векторного подхода к исследованию массопереноса в Южном Прибалхашье является получение оценок выноса песчаного аэрозоля из крупных очагов дефляции в различных направлениях и тем самым возможность прогнозировать развитие экологической ситуации в прилегающих к пустыням областях. Чтобы получить более пол-

ную пространственную характеристику дефляционных процессов в исследуемом регионе были рассчитаны все векторные параметры ветропесчаных потоков.

На рисунке 3 приведены средние многолетние розы векторов переноса массы песка в регионе. Розы векторов свидетельствуют о сложной пространственной картине ветропесчаных потоков в изучаемом регионе. Она определяется не только синоптическими процессами, но и разнообразием строения рельефа Южного Прибалхашья и окружающих его горных районов, ослабляющим или усиливающим ветры местного и мезометеорологического масштаба.



Рис. 3. Средние многолетние розы векторов ветрового переноса песка в Южном Прибалхашье (1966-1986 гг.).

Подводя итог рассмотрению средних многолетних роз векторов переноса песка в Южном Прибалхашье, можно сделать очень важный для оз. Балхаш вывод о том, что Южное Прибалхашье практически не участвует в формировании золы, составляющей солевого баланса озера. Соли, поступающие с ветровыми потоками на зеркало озера, могут приноситься лишь с западными и северными потоками воздуха из районов Северного и Западного Прибалхашья.

Векторная информация о ветровом переносе масс песка позволяет определить все возможные направления движения песка и найти господ-

ствующие румбы, по которым идет преимущественное перемещение песков. Для решения последней задачи достаточно выполнить векторное сложение по всем румбам и получить результирующий за год вектор, который и укажет направление перемещения песков в изучаемом районе (Рис.4).



Рис. 4. Средние многолетние годовые результирующие векторы ветрового переноса песка в Южном Прибалхашье (1966—1988 гг.).

Можно констатировать, что результирующие векторы равнинной части Южного Прибалхашья (станции Чиганак, Куйган, Аул № 4, Матай) дают восточные направления перемещения песков и определяются общей циркуляцией воздушных масс на юго-востоке Казахстана. В более южных районах региона заметно влияние рельефа и сказываются местные орographicические условия формирования сильных ветров. Так, векторы для станций Баканас, Курты, Капшагай, Наймансуек направлены вдоль долин протекающих вблизи рек. В районе Уштобе перемещение песка в юго-западном направлении связано с усилением северо-восточного ветра в горном проходе возвышенности Ушкара. Уменьшение объемов переноса в районе ст. Курты обусловлено экранирующим воздействием западной оконечности хребта Малайсары.

Сложный пространственный характер переноса песка наблюдается на юго-востоке Таукум. Здесь результирующие многолетние векторы четырех соседних станций образуют вращательную структуру антициклонического типа. Если условия циркуляции в эпоху формирования песчаных

гряд в Таукум были подобны современным, то эта структура во многом объясняет сложное ячеистое строение рельефа этих песков.

Полученная схема направлений средних многолетних результирующих векторов переноса песка позволяет в современных условиях антропогенного пресса на окружающую среду и опустынивание прогнозировать возможные процессы движения подвижных форм рельефа при их появлении в Южном Прибалхашье. Так, в северо-западной части Таукумов выявлена зона с повышенной эоловой деятельностью, которая может расширяться к востоку. При мощных западных и северо-западных вторжениях холодного воздуха аэрозоль из этого района может достигать предгорной зоны Заилийского Алатау и ухудшать качество воздуха в населенных пунктах. На востоке Южного Прибалхашья, где также уже имеются подвижные пески, есть реальная угроза занесения инженерных сооружений Туркестано-Сибирской железной дороги, поселков, автомобильных дорог.

Как показали исследования песчаных бурь в Южном Прибалхашье, этот регион является мощным источником аэрозолей, поступающих в атмосферу с ветровыми потоками и влияющих на климат и экологическую ситуацию в юго-восточном Казахстане. Активных методов борьбы с пыльными бурями нет. Поэтому важное значение для уменьшения их вредного воздействия имеет рациональное природопользование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья/ Под ред. И.И. Скоцеляса. - СПб: Гидрометеоздат, 1995. - 269 с.
2. Гидрометеорологические проблемы Приаралья/ Под ред. Г.Н. Чичасова. - Л.: Гидрометеоздат, 1990. - 277 с.
3. Федюшина Л.П. Распределение ветроэрозионных погод на территории Алма-Атинской и Джамбульской областей// Тр. КазНИГМИ. - 1972. - Вып. 49. - С. 64-75.
4. Федюшина Л.П. Распределение пыльных бурь на территории Алма-Атинской и Джамбульской областей// Тр. КазНИГМИ. - 1972. - Вып. 49. - С. 76-83.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

**ОҚТУСТІК БАЛХАШ ҚҰМДАРЫПЫҢ ДЕФЛЯЦИЯЛЫҚ
ПРОЦЕСТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ АУМАҚТАРДЫҢ ШОЛДЕНУІНЕ
ӘСЕРІ**

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

Мақалада Оңтүстік Балхаш өңіріндегі шаңды борандар мен жаяу борасындар кезіндегі қтмның желмен көшуінің скалярлық және векторлық бағалары келтірілген. Ол үшін Оңтүстік Балхаштың он станциясында 1966-1986 жылдар аралығында.

УДК 551.553./554+551.5:62

**ОЦЕНКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СЕВЕРНОГО
КАЗАХСТАНА**

Б.А. Сазанова

В настоящей статье рассматриваются вопросы целесообразности и рациональности использования различных ветроэнергетических установок (ВЭУ) в качестве перспективного возобновляющего их применения в народном хозяйстве Казахстана (на примере областей Северного Казахстана).

Возобновляемые источники энергии стали привлекать внимание в последнее десятилетие, обещая занять важное место в будущем энергетической отрасли. К причинам, обуславливающим всё возрастающую уверенность в перспективности возобновляемых источников энергии, относятся:

- нестабильность цен и поставок традиционных источников энергии;
- снижение загрязнения атмосферы;
- успехи в развитии новых технологий по производству электроэнергии за счет нетрадиционных источников энергии.

Электричество представляет собой наиболее удобную универсальную и легко транспортируемую форму энергии, непосредственно используемую потребителем. Поэтому возобновляемые источники целесообразно использовать именно для выработки электроэнергии. При этом может использоваться сочетание различных источников: возобновляемых или не возобновляемых, концентрированных или рассеянных, циклических или постоянных во времени и по потенциалу – и затем передаваться потребителю.

Использование энергии ветра, особенно в Казахстане, с его огромными пространствами, физико-географическими контрастами и отсутствием во многих районах других энергетических ресурсов, кроме ветровых, представляет один из важных параметров народнохозяйственных задач. Целью настоящей работы является оценка ветрового режима и перспективности использования энергии ветра в Северном Казахстане (Костанайская, Северо-Казахстанская и Акмолинская области).

Одним из важных параметров при ветроэнергетических расчетах являются средние скорости ветра, по величинам которых можно получить оценки общего уровня энергии ветра в той или иной местности.

Таблица 1

Средняя годовая скорость ветра по метеостанциям Северного Казахстана

Метеостанция	Скорость ветра, м/с	Метеостанция	Скорость ветра, м/с
Алексеевская	3,8	Коминтерновская 2	6,0
Экибастуз	4,8	Сергеевка	3,8
Коминтерновская	4,9	Щербакты	4,0
Степногорск	5,2	Экидын	3,0
Вишневка	4,2	Тобол	3,7
Атбасар	4,9	Преснегорьевка	4,1
Аркалык	5,4	Михайловка Павлодар	2,9
Железноводск	4,54	Восход	3,5
Урицкий	4,1	Золотая Нива	4,0
Амангельды	4,2	Кзылгу	3,6
Кокчетав	4,1	Михайловка Костнай	4,2
Успенка	3,0	Кургалжино	4,8
Кучмурун	3,5	Боровое	3,6
Державинск	3,5	Аршалинский	3,4
Рузаевка	2,9	Костанай	3,7

В табл. 1 видно, что средняя годовая скорость ветра в пределах исследуемой территории изменяется в широких пределах. Почти весь исследуемый район характеризуется скоростями ветра, превышающими 4 м/с. Согласно исследованиям И.Т. Тажиева районы со скоростями ветра более 4 м/с являются перспективными для размещения ветроэнергетических установок [3]. Наиболее ветренными являются Северо-Казахстанская и Акмолинская области. Более половины территории этих областей характеризуются среднегодовыми скоростями ветра от 4,5 до 5,3 м/с. В Костанайской области на большей части территории среднегодовая скорость ветра колеблется в пределах 4,0 – 4,5 м/с.

В Северном Казахстане среднее число дней со скоростями ветра 8 м/с превышает 100 дней (за исключением метеостанций Булаево и Комсомолец) и доходит до 204 на метеостанция Кокшетау (табл. 2). В среднем, по данному

региону суммарное число дней со скоростями ветра не менее 8 м/с составляет 150 дней.

Таблица 2

Среднее число дней со скоростью ветра, равной или превышающей заданное число в целом за год

Метеостанция	Скорость ветра, м/с		
	> 8	> 15	> 20
Северо-Казахстанская			
Булаево	78	7	1
Петропавловск	181	33	1
Благовещенка	137	36	0,4
Явленка	125	32	2
Костанайская			
Урицк	123	15	3
Костанай	128	25	4
Кушмурун	130	17	1
Джетыгара	158	34	7
Аркалык	141	17	3
Амангельды	144	19	2
Акмолинская			
Алексеевка	110	30	3
Атбасар	181	44	4
Берлик	136	21	2
Красноармейск	152	33	4
Рузаевка	129	14	2
Павлодарская			
Михайловка	148	26	0,4
Павлодар, АС	144	37	1
Экибастуз	173	19	4

Однако, скорости ветра изменяются не только в пространстве, но и во времени. Из рис. 1 следует, что почти во всех исследуемых районах четко выражен годовой ход скорости ветра: наибольшие скорости ветра отмечаются в конце зимы и начале весны, а наименьшие – в конце лета. Причем разность между максимумом и минимумом средней скорости ветра варьирует от 1,0 до 2,4 м/с. Следует заметить, что на большей части Северного Казахстана с ноября по май средние скорости ветра от месяца к

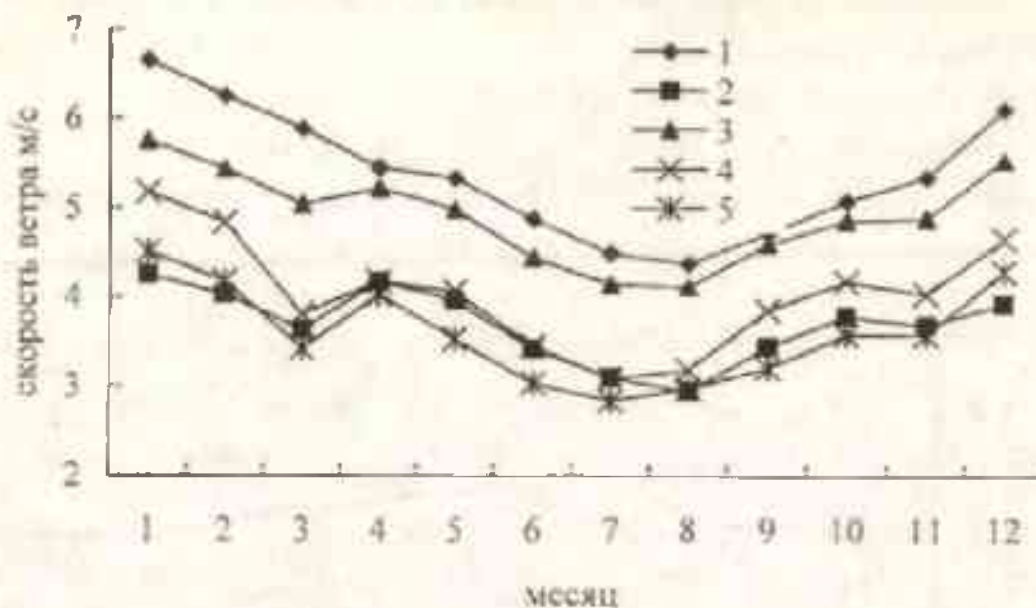


Рис. 1. Годовой ход скорости ветра по метеостанциям Северного Казахстана.

1 – Аркалык; 2 – Костанай; 3 – Албасар; 4 – Урлиқті; 5 – Боровое.

месяцу не претерпевают существенных изменений, с июня по август - заметное снижение, а с августа по ноябрь скорости ветра возрастают быстрее.

Не меньший интерес при планировании размещения ветроэнергетических установок (ВЭУ) представляет вопрос о суточном ходе ветра. На рис.2 видно, что в зимние месяцы во всех исследуемых районах средние скорости ветра в течение суток не изменяются. По мере приближения к лету суточная амплитуда скорости ветра возрастает и достигает своего максимума в июле. В июле скорость ветра в ночные часы не претерпевает существенных изменений. Начиная с 6 часов (местное время), скорость ветра быстро увеличивается и достигает своего максимума между 15 и 16 часами.

Разность между максимумом и минимумом средних скоростей ветра в течение суток достигает 2 – 3 м/с. В дневные часы средние скорости ветра превышают 4 м/с. Это указывает на то, что несмотря на общее ослабление скорости ветра в летние месяцы ВЭУ могут успешно работать в дневные часы.

Полученные результаты оценки скорости ветра явно не достаточны для принятия решения об эффективности использования ВЭУ в том или ином районе. Средние скорости ветра хотя и являются важными, но они не достаточны для суждения об эффективности ветроиспользования [2]. В связи с этим мы попытались оценить утилизируемую ветровую энергию на примере нескольких ветроустановок.

Воздушный поток, как и любое движущее тело, обладает энергией движения, или запасом кинетической энергии. ВЭУ воспринимая этот воздушный поток, начинает работать, преобразуя кинетическую энергию в механическую. В зависимости от назначения ВЭУ механическая энергия с помощью исполнительных механизмов может быть преобразована в электрическую, тепловую или химическую энергию, а также в энергию сжатого воздуха.

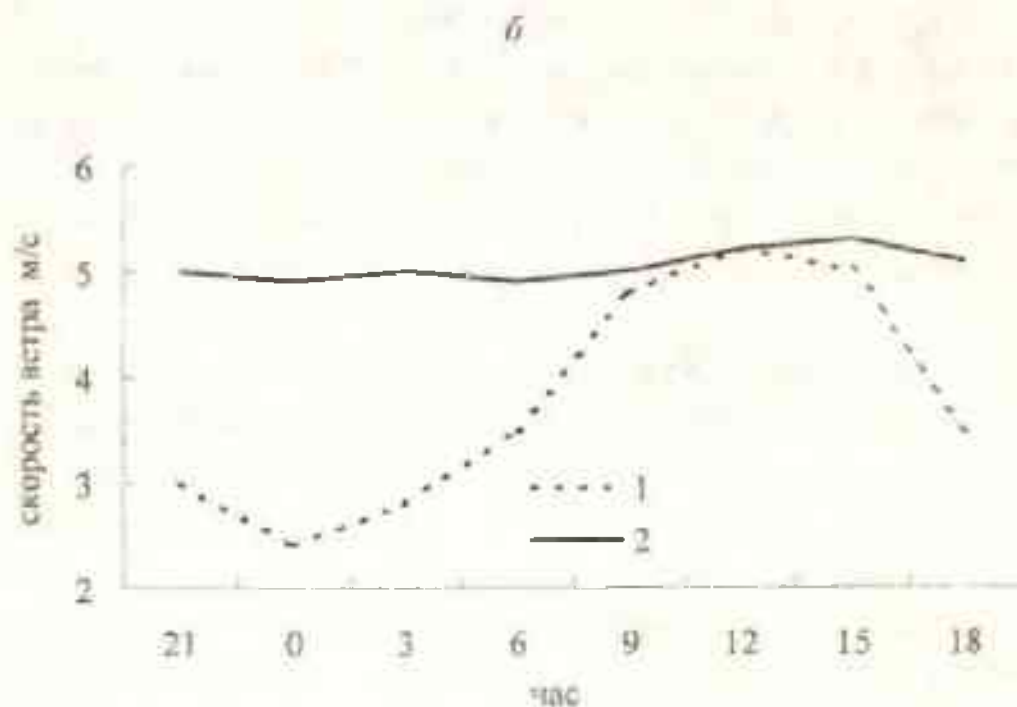
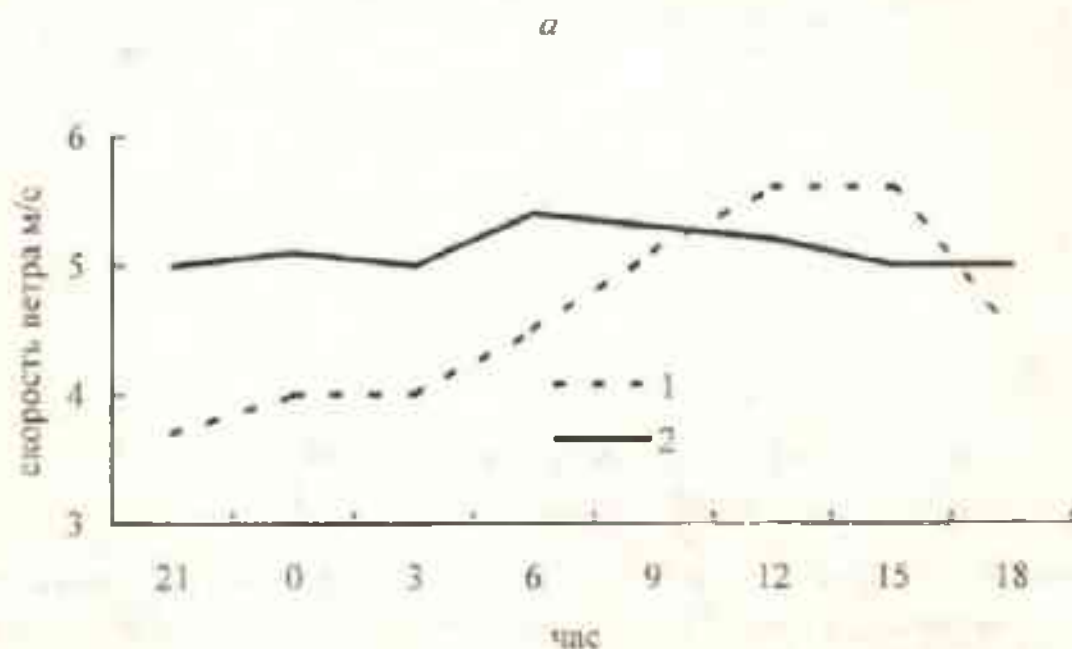


Рис. 2. Суточный ход скорости ветра по метеостанциям Торгуй (а) и Петропавловск (б). 1 - июль, 2 - январь

Мощность ветрового потока (P) определяется следующим выражением [1]:

$$P = 1/2 \cdot \rho S v^3,$$

где ρ - плотность воздуха, S - площадь, перпендикулярная к воздушному потоку, v - скорость ветра. Таким образом, мощность воздушного потока пропорциональна плотности воздуха, площади поперечного сечения и кубу скорости ветра. Мощность ветрового потока характеризует потенциальные ветроэнергоресурсы. Однако ВЭУ могут утилизировать только часть полной энергии потока (потенциальных ветроэнергоресурсов), воспринятой ветроколесом. Эта часть оценивается коэффициентом использования энергии ветра [1]:

$$\xi = P_0 / P,$$

где P_0 - используемая (утилизируемая) ветроколесом мощность. Значение ξ зависит от типа и режима работы ВЭУ.

В настоящее время существует множество типов ВЭУ с различными режимами работы, в связи с этим значения ξ могут изменяться в больших пределах. Поэтому при оценке ветроэнергоресурсов важно знать также и ожидаемую выработку ВЭУ, т.е. утилизируемую энергию. Так как разным ВЭУ соответствуют различные значения установленных мощностей, то для выявления наиболее подходящих типов ВЭУ удобно использовать их относительные энергетические характеристики. Из них в первую очередь выделим коэффициент использования установленной мощности ВЭУ (K_y), который определяется отношением фактической выработки энергии (R) к максимальной (R_{max}) при работе с установленной мощностью в течение всего периода [1].

$$K_y = R / R_{max}$$

Так как скорость ветра является величиной, изменяющейся во времени, при расчетах ветроэнергетических ресурсов необходимо определить повторяемость различных скоростей ветра. При оценке ветроэнергетических ресурсов большой территории средних и суммарных характеристик, приводимых в климатологических справочниках, оказывается недостаточно. Использование только климатологических данных при существующей редкой сети метеорологических станции и большой изменчивости режима ветра на близких расстояниях могут привести к неверным выводам. Недостаточность этих данных заключается в том, что в Справочниках, повторяемость различных скоростей ветра дана через определенные

градации, тогда как для ветроэнергетических расчетов необходимо знать повторяемость скоростей ветра через 1 м/с.

Для решения этого вопроса повторяемость скоростей ветра рассчитывается с помощью теоретических кривых, описывающих распределения скоростей ветра. В связи с этим в статье использованы уравнения Гриневича для равнинных территорий, которые хорошо описывают эмпирические распределения скоростей ветра на изучаемой территории [2].

В то время, как потенциальные возможности использования энергии ветра определяются ветровым режимом, хозяйственно-экономическими условиями и потребностями в энергии, реальный уровень развития ветроэнергетики и применения ветроэнергетических агрегатов зависят прежде всего от технических и эксплуатационных параметров и экономической эффективности ветродвигателей и ветроустановок, имеющихся в распоряжении энергетиков, масштабов производства, уровня организации внедрения, использования и службы эксплуатации. В соответствии с классификацией, под ветродвигателями понимают любое устройство, использующее кинетическую энергию ветра для выработки (производства) механической энергии. Рассмотрим технические данные агрегатов, ранее выпущенные опытными образцами, освоенные производством небольшими партиями, прошедших государственные испытания или подготовленные к ним [1]. Агрегат «Сokol» изготовлен в опытном варианте и является электрическим агрегатом универсального назначения. Он работает с погруженным центробежным насосом типа ЭПН-6-110, а также служит для энергоснабжения небольших удаленных от сетей объектов. Его главное назначение - это подъем воды на фермах, орошаемых и осушаемых участках, использование в неэлектрифицированных пунктах. Основные зоны применения агрегата - Казахстан, Азербайджан, Поволжье, прибрежные районы Каспия, Алтай и др. Агрегат «Беркут» предназначен для подъема воды из любых водоисточников до 30 метров в районах, где среднегодовая скорость ветра превышает 4 м/с. Для зарядки аккумуляторов, питания энергией осветительных приборов и радиоприемников к нему прилагается выпрямительное устройство. Одной из конструктивных модификаций «Беркута» является агрегат ВЭУ-4, отличающийся применением планетарного редуктора со сменными блоками шестерен. Быстроходный агрегат ВБ-3Т с инерционным насосом поднимает воду с глубины до 10 - 15 м, при общем напоре до 25 м. Он был создан для использования на пастбищах и скотопрогонных трассах.

полевых станах, в зонах, где скорость ветра больше 3,5 м/с. Он устанавливается над колодезем, глубина которого достигает 10 м.

Таблица 3

Коэффициент использования установленной мощности (K_u) для ветроагрегатов "Сокол", ВБ-3Т и "Беркут", %

Тип ВЭУ	Месяц				Год
	январь	апрель	июль	сентябрь	
Акмола					
"Сокол"	22	18	8	1	16
ВБ-3Т	53	48	35	4	46
"Беркут"	32	27	26	28	28
Кокшетау					
"Сокол"	37	29	16	22	26
ВБ-3Т	57	54	39	41	48
"Беркут"	44	37	23	52	39
Костанай					
"Сокол"	28	22	8	20	20
ВБ-3Т	58	53	33	51	49
"Беркут"	37	32	15	30	29
Петропавловск					
"Сокол"	33	35	17	25	28
ВБ-3Т	68	70	47	61	62
"Беркут"	45	47	26	37	39
Аркалык					
"Сокол"	43	43	22	32	35
ВБ-3Т	69	69	58	68	66
"Беркут"	52	52	33	44	4

Результаты расчетов (табл. 3) показали, что почти все области Северного Казахстана не перспективны для установки ветроагрегата «Сокол», исключение составляет юго-западная часть Костанайской области, где данный коэффициент превышает 30 %. Например, для станции Аркалык K_u в январе составляет 43 %, апреле – 43 %, ноябре – 32 %, только в июле он понижается до 22%, а для станции Кокшетау ветроагрегат «Беркут» в январе будет вырабатывать 44% всей вырабатываемой энергии и в

ноябре – 54 %. Быстроходный агрегат ВБ-3Т в Северном Казахстане имеет высокую эффективность.

Широкая эксплуатационная проверка ВЭУ в Казахстане [3] показывает, что даже при наличии некоторых конструктивных недостатков и изъянов в производстве ряда узлов, агрегаты работают надежно и эффективно, если соблюдаются рекомендации по выбору места и монтажа ветродвигателя, соответствие его типа характеристикам зоны.

В конечном итоге, Северный Казахстан можно отнести к району перспективному для размещения ветроэнергетических установок. Почти на всей территории среднегодовая скорость ветра превышает 4 м/с. В годовом ходе скорость ветра достигает максимума в конце зимы начале весны, а минимум отмечается в августе. Полученные результаты позволяют рекомендовать ветроэнергетические установки в Северном Казахстане.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианов В.И. и др. Ветроэлектрические станции. – М. – Л.: Госэнергоиздат. – 1978. – 320 с.
2. Гриневич Г.А. Опыт разработки элементов малого ветроэнергетического кадастра Средней Азии и Казахстана. – Ташкент, Изд. АН УзССР, 1952. - 152с.
3. Тажиев И.Т. Энергия ветра – база электрификации сельского хозяйства. – М.: Госэнергоиздат. – 1952. - 192 с.

Казгидромет

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖЕЛ ЭНЕРГИЯСЫ РЕСУРСТАРЫН БАҒАЛАУ

Б.А. Сазанова

Бұл мақалада қалпына келтірілетін келешегі бар энергия көздері – жел энергетика ресурстарын (ЖЭР) пайдаланудың мақсаттылығы мен ұтымдылығы, сондай-ақ оларды Қазақстанның халық шаруашылығында (Солтүстік Қазақстанның облыстары мысалында) қолданудың тиімділігі мәселелері қирастырылады.

УДК 556.123 + 551.577.52

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДЕРЖАНИЯ ОСАДКОВ РАСТИТЕЛЬНЫМ ПОКРОВОМ

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов

Рассматривается модель процесса задержания осадков растительным покровом. Для залесенных участков Казахского Алтая определены параметры модели. Приводятся статистические характеристики древесной растительности и методика определения ее сомкнутости (проективного покрытия). Моделирование задержания атмосферных осадков производилось по суточным и более коротким интервалам времени. Получены оценки адекватности предлагаемой модели.

При разработке способов моделирования водобалансовых процессов большое внимание уделяется определению количества атмосферных осадков, поступающих на поверхность речных бассейнов. Одна из возможных погрешностей определения этой величины связана с задержанием части выпадающих осадков растительным покровом и последующим их испарением [2, 7, 8, 12-14, 17, 19, 20, 24, 30 и др.]. При определенных видах растительности задержание может составить существенную долю выпадающих осадков. Исследования ряда авторов показывают, что сомкнутый слой древесной растительности может задержать от 40 до 70 % осадков [11, 15-17, 21, 23 и др.]. Для удобства сопоставления имеющихся материалов величину осадков, задержанных деревьями и кустарниками, целесообразно относить к площади проекции их кроны на горизонтальную поверхность. Процесс задержания и испарения влаги растительным покровом детально рассмотрен в работе Р.К. Линслея, М.А. Колера, Д. Л. Х. Паулюса [10]. В ней подчеркивается необходимость оценки задержания осадков отдельными ярусами растительности, в частности, деревьями, подлеском и травой.

Экспериментальное определение задержания осадков растительностью чрезвычайно трудоемко, поэтому возникает необходимость в разработке и использовании расчетных методов. В настоящее время известно несколько формул, предложенных для определения задержания расти-

тельным покровом осадков за отдельные дожди и снегопады [3, 5, 6, 9, 11, 15, 16, 22, 25, 27-29 и др.]. Одной из наиболее теоретически обоснованных является формула экспоненциального вида, предложенная Р.К. Линчлесом, М.А. Колером, Д. Л. Х. Паулюсом [10], которая имеет следующий вид:

$$X_2 = V_{max}^* \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{X}{V_{max}^*}\right) \right\} \quad (1)$$

По Р.Е. Хортону [26] значение V_{max}^* отражает общую величину перехвата в процессе выпадения осадков:

$$V_{max}^* = V_{max} + C \cdot E \cdot T, \quad (2)$$

где X , X_2 - общий слой соответственно выпавших и задержанных растительностью осадков, мм; V_{max}^* - наибольшее количество влаги, которое может быть задержано растительным покровом при неограниченном ее поступлении за определенный интервал времени, мм; V_{max} - то же при отсутствии испарения, мм; C - отношение поверхности растительного покрова к площади ее горизонтальной проекции; E - интенсивность испарения, мм/сут; T - продолжительность дождя.

Выражение (1) отражает тот факт, что с ростом осадков задержание приближается к своему максимуму по экспоненциальному закону [10]. Следует отметить, что задержание осадков, определяемое путем сопоставления их величин над поверхностью и под пологом растительного покрова, учитывает и потери на испарение задержанной влаги. Исследования, проведенные В.П. Мочаловым и А.Ф. Литовченко, позволили им рекомендовать выражение (1) для определения величины осадков, задержанных растительным покровом в бассейнах горных рек Заилийского Алатау [15].

Необходимо отметить, что в ряде случаев для определения задержания осадков может быть использовано выражение:

$$X_2 = V_{max}^* \ln \frac{X}{V_{max}^*}. \quad (3)$$

В гидрологии также достаточно широкой известностью пользуется модель задержания осадков растительностью, предложенная Рутгером [28, 29]:

$$\frac{dV}{dt} = X_2 - a \exp(b(V - V_{max})), \quad (4)$$

где a и b - эмпирические параметры.

$$X_s = \begin{cases} k \left(X - E_b \frac{V}{V_{max}} \right) & \text{при } V < V_{max} \\ k(X - E_b) & \text{при } V \geq V_{max} \end{cases} \quad (5)$$

где V - количество влаги, задержанной в растительном покрове, мм; E_b - испарение с водной поверхности за определенный интервал времени, мм; k - коэффициент сквозного проникновения осадков через растительный покров.

Заложенная в этой модели идея об уменьшении задержания осадков растительным покровом с увеличением испарения с его поверхности вызывает сомнение. Проведенные исследования показывают, что в период выпадения осадков интенсивность испарения с поверхности растительного покрова невелика и, по-видимому, составляет 0,02 - 0,06 мм за отдельные дожди [10, 16]. Многие исследователи принимали его величину в период выпадения осадков равной нулю. Однако в соответствии с материалами наблюдений задержание жидких осадков даже после заполнения регулирующей емкости растительного покрова продолжает увеличиваться, но с относительно меньшей интенсивностью. Это указывает на довольно существенную роль испарения в процессе задержания осадков растительным покровом.

Значение V_{max}^* в формулах (1) и (3) представляет собой наибольшее количество влаги, которое может быть задержано растительным покровом в определенных климатических условиях при неограниченном поступлении осадков к его поверхности. Величина V_{max} в основном складывается из количества влаги, израсходованной на смачивание растительного покрова, а также задержание снега или капельножидкой влаги. Следует отметить, что в зимний период смачивание растительного покрова осуществляется в результате задержания твердых осадков и последующего их подтаивания под действием солнечной радиации. Задержанный снег и капельножидкая влага частично могут быть удалены с растительного покрова путем энергичного его встряхивания. В естественных условиях удаления снега и капельножидкой влаги осуществляется под действием ветра.

Параметр V_{max} может быть определен экспериментальным путем. Сведения о величине V_{max} для отдельных видов древесной, кустарниковой и травянистой растительности имеются в работах [11, 15, 16, 19, 21]. При проведении экспериментов в естественных условиях величину V_{max} можно оп-

ределить путем анализа материалов наблюдений задержания осадков растительным покровом. Для этой цели определения должны выбираться дожди со слоем, достаточным для обеспечения максимума задержания осадков.

В работе [16] высказывается мнение о том, что, имея методику определения задержания растительным покровом осадков за отдельные дожди или снегопады, можно рассчитать задержание за любой интервал времени. Такой подход к определению задержания за длительные периоды времени в скрытом виде подразумевается и другими исследователями [10, 11, 15, 21, 25]. Однако совершенно очевидно, что, при наличии группировок дней с осадками, задержание растительным покровом будет значительно меньше, чем при их выпадении с интервалом времени в два-три дня. При многодневных осадках задержание будет меньше, так как к началу следующего дождя или снегопада емкость задержания не будет полностью освобождена. Поэтому при описании процесса формирования потерь осадков на задержание растительным покровом указанное обстоятельство должно быть обязательно учтено.

Для описания процесса формирования запаса влаги, задержанной растительным покровом, предлагается следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{dV}{dt} = -k_1 \frac{E_0}{V_{max}^*}, \quad (6)$$

где E_0 - максимально возможное испарение (испаряемость), мм; k_1 - параметр.

Для определения V_{max}^* используется следующее выражение:

$$V_{max}^* = V_{max} + k_2 E_{0,1}, \quad (7)$$

где k_2 - параметр. Размер регулирующей емкости растительного покрова V_{max} определяется за счет влаги на его смачивание, а также задержание им снега и капельножидкой влаги. Величина V_{max}^* состоит из V_{max} и части емкости растительного покрова, освобожденной при испарении задержанных осадков.

В результате интегрирования (6) при $t = 1$ сут. получим выражение, описывающее процесс истощения запаса влаги, задержанной растительным покровом:

$$V_t = (V_{t-1} + x_t) \exp\left(-k_1 \frac{E_0}{V_{max}^*}\right), \quad (8)$$

где x_i - осадки, задержанные растительным покровом за определенный интервал времени, мм; $i-1$, i - индексы, обозначающие предшествующее и последующее значение элементов.

Задержание осадков растительным покровом x_i изменяется в зависимости от их величины (интенсивности) по закону, в общем случае отличному от линейного. Однако для отдельных видов растительности указанное изменение может быть описано с помощью линейного закона [6, 10]:

$$x_i = \begin{cases} \alpha x & \text{при } \alpha x < \Delta_{i-1} \\ \Delta_{i-1} & \text{при } \alpha x \geq \Delta_{i-1} \end{cases} \quad (9)$$

$$\Delta_{i-1} = V_{\max}^* - V_{i-1} \quad (10)$$

где x - осадки, выпавшие на открытую поверхность водосбора за определенный интервал времени, мм; Δ - дефицит емкости задержания растительного покрова, мм; $\alpha = x_i / x$ - безразмерный параметр при $x < V_{\max}^*$.

Кроме этого, для описания процесса задержания осадков растительностью может быть использовано следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{d\Delta}{dt} = -\beta x_i \quad (11)$$

где β - безразмерный параметр.

Можно допустить, что величина задержанных осадков зависит от их общего количества и относительного дефицита заполнения емкости растительного покрова. Тогда, принимая зависимость относительных значений задержанных осадков от дефицита заполнения указанной емкости линейной, можно записать:

$$\frac{x_i}{x} = \frac{\Delta}{V_{\max}^*} \quad (12)$$

Далее, определим из соотношения (12) значение x_i и подставим его в уравнение (11):

$$\frac{d\Delta}{dt} = -\beta x \frac{\Delta}{V_{\max}^*} \quad (13)$$

В результате интегрирования уравнения (13) получим:

$$\Delta = \Delta_0 \exp\left(-\frac{\beta}{V_{\max}^*} \int x dt\right) \quad (14)$$

или

$$x_t = \Delta_0 \left\{ 1 - \exp \left(- \frac{\beta}{V_{max}^*} \int_0^t x dt \right) \right\} \quad (15)$$

При $t = 1$ сутки имеем:

$$x_T = \Delta_{n-1} \left\{ 1 - \exp \left(- \frac{\beta x_T}{V_{max}^*} \right) \right\} \quad (16)$$

где $\Delta_{n-1} = V_{max}^* - V_{n-1}$.

Следует отметить, что, заменив в выражении (15) $\Delta_0 = V_{max}^*$ и, обозначив суммарное задержание осадков $x_t = X$ и суммарное поступление осадков $X = \int_0^t x dt$, можно, учитывая принятое ранее обозначение $V_{max}^* = V_{max} + C \cdot E \cdot T$ получить при $\beta = 1$ формулу (1).

Для определения максимально возможного испарения E_0 можно в первом приближении использовать его зависимость от температуры и дефицита влажности воздуха [8]. Осадки, поступающие на поверхность почвы x^* , вычисляются как разность x и x_2 с учетом сомкнутости растительного покрова:

$$x^* = x - \rho x_2 \quad (17)$$

где ρ - сомкнутость растительного покрова в долях единицы.

На основе предлагаемой модели в лаборатории гидрологических прогнозов КазНИГМИ составлена программа расчета задержания осадков растительностью. Идентификация модели и ее параметров осуществлялась с помощью материалов экспедиционных наблюдений.

В 1973 - 1974 гг. гидрологическим отрядом КазНИГМИ под общим методическим руководством автора были проведены полевые экспериментальные исследования по определению задержания жидких осадков кронами деревьев в лесах Западного Алтая (бассейн р. Ульбы). Непосредственное руководство работами в полевых условиях осуществлялось начальником отряда В.А. Одинцом. В связи с тем, что в лесах указанного района преобладают хвойные породы и, в частности пихта, экспериментальные работы проводились по определению задержания осадков кронами пихты. С этой целью под кронами отдельных деревьев или их групп были оборудованы водонепроницаемые площадки. Для их устройства применялась полиэтиленовая пленка, которая натягивалась под углом 10 - 20 к горизонтальной

поверхности на проволочный каркас, укрепленный на деревянных опорах, и крепились специальными зажимами. Во время выпадения жидких осадков вода с площадки по желобу, а затем по трубам поступала в мерный бак. Полезная емкость мерных баков составляла 200 - 250 литров, что соответствовало слою осадков около 10 мм. Измерение уровня воды в баках производилось самописцем уровня "Валдай". После заполнения баков вода из них могла быть слита в течение 2 - 3 минут с помощью шлангов, соединенных с емкостью на уровне мертвого объема.

Следует отметить, что при наклонных дождях проекция кроны на горизонтальную поверхность существенно смещается по отношению к ее положению при вертикальном выпадении жидких осадков. В этом случае для учета задержанных осадков необходимо иметь водопроницаемую площадку, размеры которой превышают площадь проекции кроны на горизонтальную поверхность. Поэтому с целью уменьшения влияния этого явления на точность определения задержания жидких осадков было признано целесообразным строить водопроницаемые площадки таких размеров, чтобы их площадь в 2-3 раза превышала проекции кроны и располагать их преимущественно под группами деревьев. В процессе определения перехваченных осадков производился пересчет их величины на площадь проекции кроны при вертикальном выпадении осадков. При этом исключались осадки, выпадающие на водопроницаемую площадку за пределами проекции кроны деревьев. Водопроницаемые площадки располагались с учетом величины и характера кроны деревьев. Ниже приводится краткое описание деревьев и экспериментальных водобалансовых площадок.

Площадка №1. Размеры площадки 30,9 м². Проекция кроны группы из трех деревьев (пихта) - 18 м². Эти деревья имеют среднюю охвоенность. Их кроны расположены в 2,5 - 3,5 м от поверхности земли. Возраст деревьев от 20 - 30 до 50 - 60 лет, их диаметр на высоте груди человека составляет 0,24 м; 0,26 и 0,36 м. Высота деревьев - 16 - 18 м. Экспериментальная площадка окружена кустарником высотой 0,7 - 1,2 м. Кроны ближайших деревьев расположены с севера в 3-х м, с юга - в пяти, с запада - в семи и с востока - в десяти метрах.

Площадка №2. Размеры площадки 42,4 м². Проекция кроны одиночного дерева (пихта) составляет 23,3 м². Дерево имеет обильную охвоенность. Его крона расположена в 2 - 3 м от поверхности земли. Возраст дерева 80 - 100 лет, диаметр ствола на высоте груди человека 0,48 м; диаметр кроны

5,0 - 5,5 м; высота 20 м. Вокруг дерева имеются заросли акации, черемухи и жимолости. Кроны ближайших деревьев расположены с севера - в одном метре, с юга - в семи, с запада - в десяти и с востока - в пяти метрах.

Площадка №3. Размеры площадки 51,5 м². Проекция кроны группы из четырех деревьев 17,0 м². Деревья имеют малую охвосность. Высота кроны этих деревьев над поверхностью земли - 2,5 - 3,0 м. Возраст деревьев 20 - 40 лет. Диаметры стволов на высоте груди человека составляют 0,18; 0,22; 0,28 и 0,34 метра. Высота 18 - 20 м. Группа деревьев окружена мелким кустарником. Кроны ближайших деревьев расположены с севера - в двух, с юга - в одном, с запада - в 0,5 и с востока - в одном метрах.

Площадка №4. Размеры площадки 50,3 м². Проекция кроны одинокой молодой пихты 7,1 м². Возраст пихты 10 - 15 лет, высота - 8 м, диаметр ствола на высоте груди человека - 0,14 м. Кроны ближайших деревьев расположены на расстоянии около 20 м.

Следует отметить, что кроме осадков, поступающих под кроны деревьев, измерялись с помощью пювниографа их значения на открытых участках (полянах), расположенных около указанных площадок. Обработка лент с записями дождей и стока с водопроницаемых площадок производилась в соответствии с "Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам", ч.1, вып.3 и ч.11 вып.6. При расчете задержания осадков учитывался расход влаги на смачивание пленок. По данным проведенных экспериментов поправка на смачивание водопроницаемых площадок составляет около 0,1 мм.

В результате проведения этих экспериментальных работ были получены сведения о процессе задержания осадков хвойными породами деревьев (пихта) на указанных площадках июне-сентябре 1974 года (рис.1). Данные полевых экспериментальных исследований были представлены в виде интегральных величин осадков, измеренных на открытых площадках и под кронами деревьев.

Кроме этого в 1980 - 1985 гг. на территории Лениногорской водно-балансовой станции (бассейн р. Шаравка) также проводились эксперименты по определению задержания осадков древесной растительностью.

Для проведения указанных экспериментов в зимний период на склоне выбирался участок леса с наиболее характерным составом пород деревьев и кустарников. На участке намечалась площадка размером не менее 50×50 м. Этот участок был выбран недалеко от прогалины (15×15 м), распо-

ложенной на той же высот. На площадке и на прогалине производились снегосъемки. При этом на прогалине высота снега определялась в 20 точках, а его плотность - в пяти точках. На площадке они измерялись соответственно через 1 и 5 м на пяти линиях, расположенных вдоль склона. Всего на площадке было произведено 250 измерений высоты снега и 50 - плотности. При определении высоты и плотности снега в журнале снегосъемки делались отметки о породе деревьев, под которыми производились измерения. Температура воздуха при снегосъемках определялась по данным метеорологической станции Лениногорск.

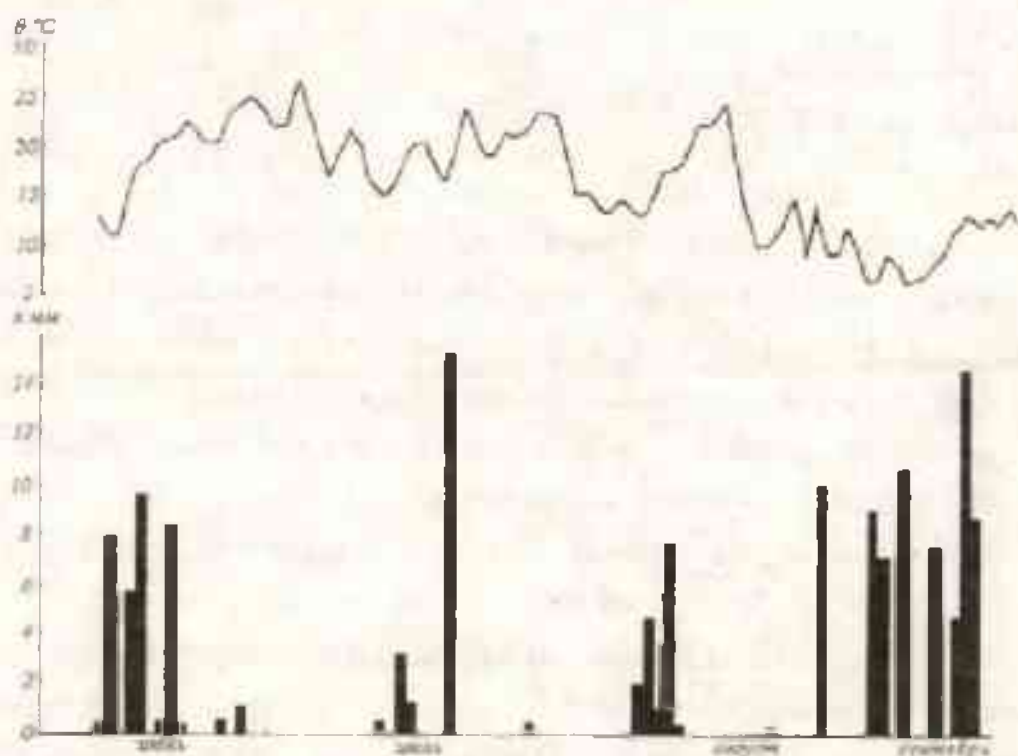


Рис. 1. Хронологический график атмосферных осадков по М Лениногорск в период проведения работ по определению их задержания древесной растительностью, 1974 г.

В летнее время на грунт под различными видами деревьев устанавливались около 80 осадкомеров, представляющих собой оцинкованные ведра. В качестве эталона использовался осадкомер, установленный на открытой площадке. Осадки измерялись сразу же после их выпадения.

Результаты проведенных экспериментов показали, что в зимний период хвойными породами деревьев задерживается и расходуется на испарение 30 – 40 % выпадающих твердых осадков. Задержание осадков лиственными породами и кустарником значительно меньше. В летний

период (табл.1) хвойными породами деревьев в среднем задерживается около 30 % жидких осадков, а лиственными породами - около 15 %. Кустарниками задерживается около 10 % выпадающих жидких осадков.

Таблица 1

Задержание жидких осадков растительностью в бассейне р. Шаравки за 1982 – 1984 гг.

Вид растительности	Сумма выпавших осадков	Сумма задержанных осадков	
		мм	%
Хвойные породы	795	245	31
Лиственные породы	763	115	15
Кустарник	512	54	11

Полученные за теплый период 1974 г. зависимости слоя осадков, задержанных кронами пихт от их общего количества для площадок №1 (рис.2а) и №2 (рис.2б) в пределах заполнения регулирующей емкости растительного покрова (4 – 5 мм) - линейны. При выпадении значительных осадков в течение длительного времени их задержание продолжается и выше указанных пределов за счет влаги, испарившейся с растительного покрова.

Зависимости задержанных осадков от их общего количества для много-часовых дождей 30 - 31.08.74 и 8 - 9.09.74, показаны на рис.3а и рис.3б.

На этих рисунках видно, что при выпадении значительных осадков задержание продолжается и после того, как его величина достигает предельных размеров регулирующей емкости. Однако в этом случае оно осуществляется с меньшей интенсивностью, чем при наличии свободной емкости растительного покрова. Это связано с тем, что освобождение указанной емкости лимитируется интенсивностью испарения задержанной влаги.

За холодный период 1973 г. зависимость слоя задержанных осадков от их общего количества существенно не линейна (рис. 4) и может быть аппроксимирована кривой экспоненциального вида.

С целью проверки адекватности предложенной модели были проведены расчеты задержания осадков кронами пихт для площадок № 1 и 4 за теплый период 1974 г. При моделировании использовались данные наблюдений за температурой воздуха на метеорологической станции Лениногорск. Максимально возможное испарение определялось с помощью следующего выражения [4]:

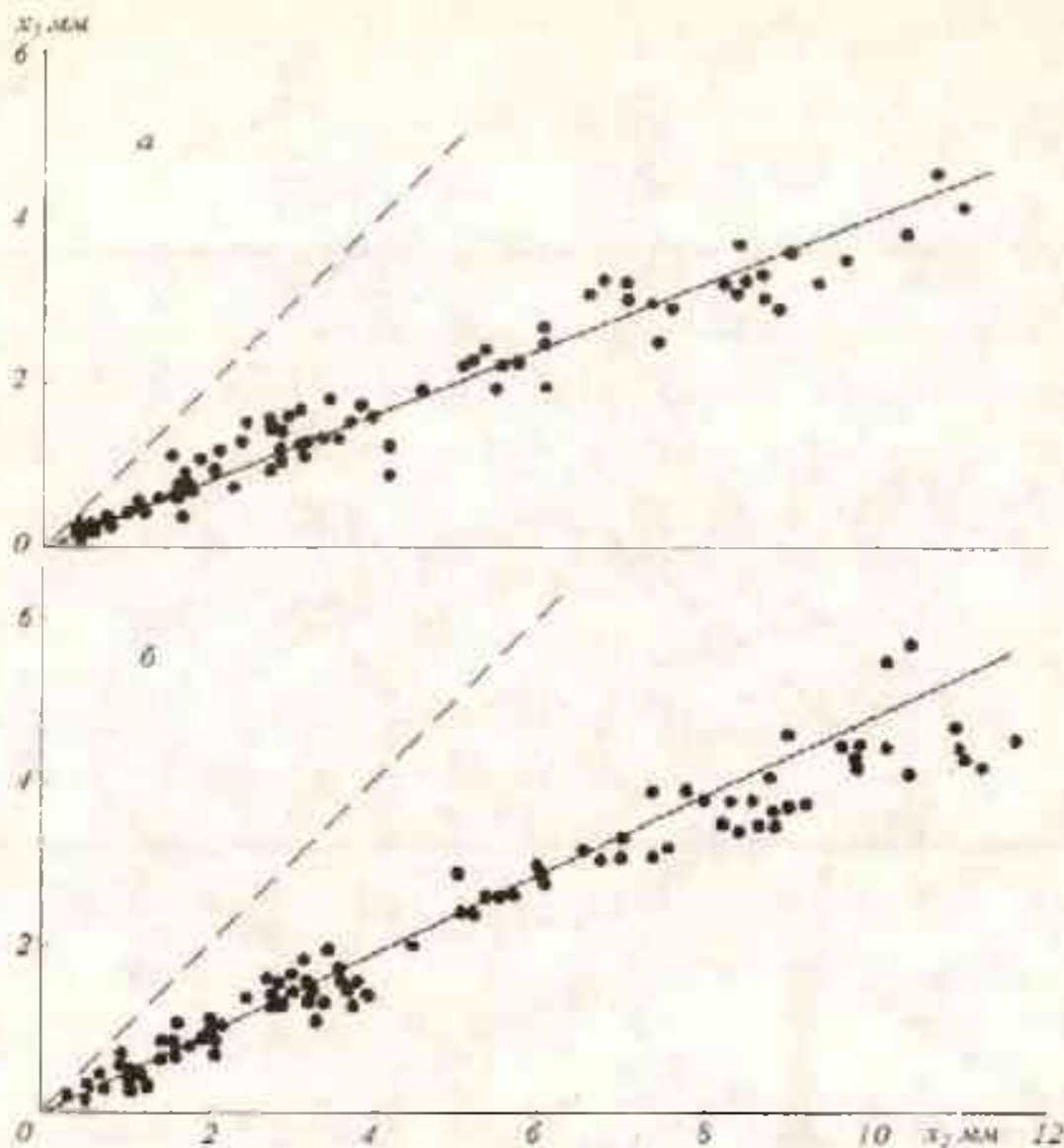


Рис. 2. Зависимость слоя осадков, задержанных кронами пихт в теплый период 1974 г. х. от общего количества х. а - площадка 1. б - площадка 2.

$$E_0 = (A + B \cdot \theta) \exp 0.118Z, \quad (18)$$

где θ - температура воздуха в $^{\circ}\text{C}$; Z - высота местности, км; A и B - эмпирические параметры, для Западного Алтая равные соответственно 0,60 и 0,28 для суточных интервалов времени.

Параметры V_{\max} и α определялись с помощью графиков, аналогичных приведенным на рис. 2 и рис. 4. Остальные параметры определялись с помощью оптимизации. Расчет задержания осадков осуществлялся по суточным интервалам времени, а для отдельных многочасовых дождей - по 30-минутным интервалам времени.

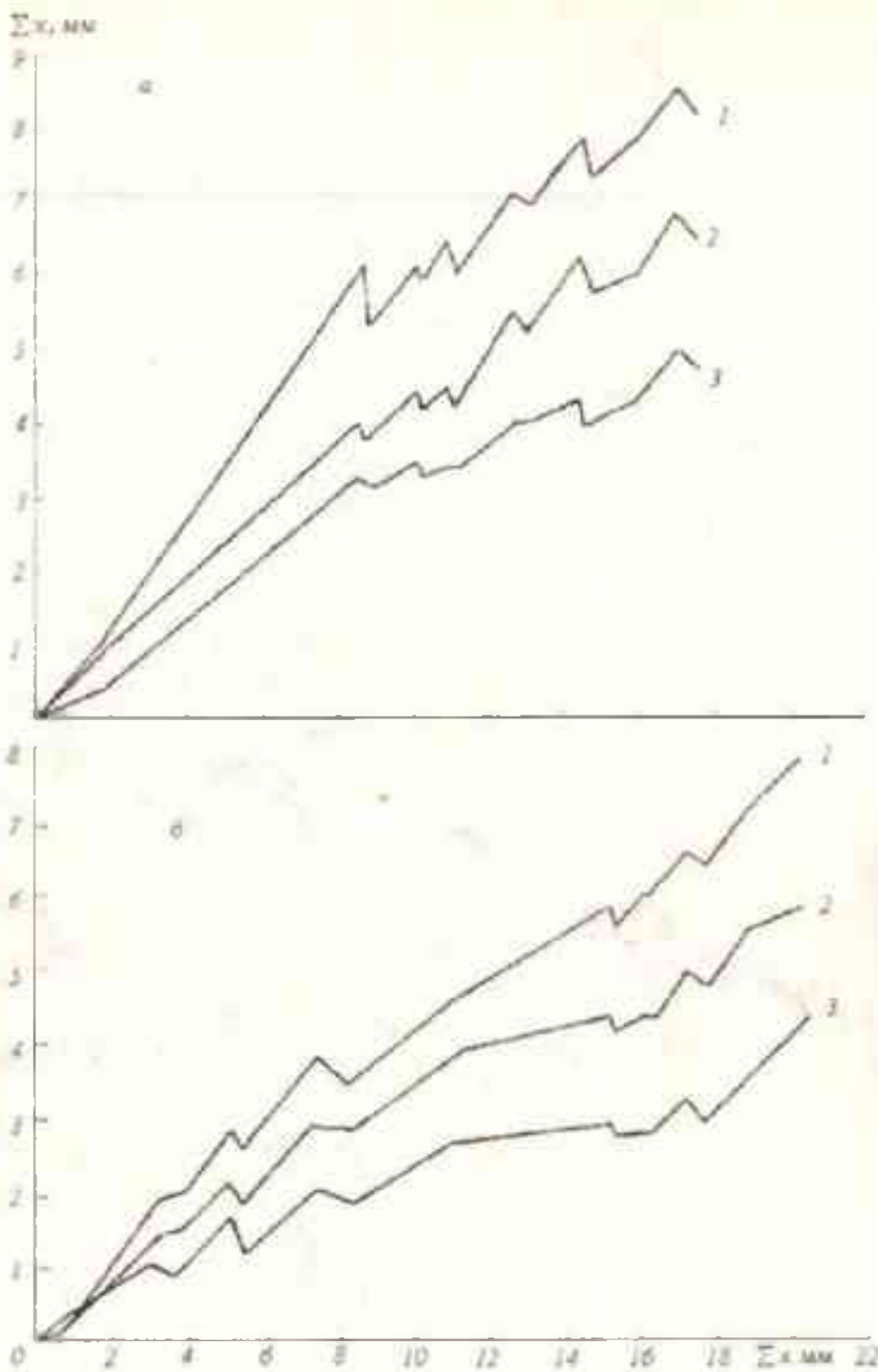


Рис. 3. Задержание влаги древесной растительностью (пихта) на экспериментальных площадках от слоя осадков выпавших 30.08.1974 г (а) и 8-9.09.1974 г (б). 1 – пл. 2; 2 – пл. 3; 3 – пл. 4.

В табл. 2 приведены значения параметров задержания осадков древесной растительностью (пихта), использованные при моделировании указанного процесса по суточным интервалам времени.

Следует отметить, что между параметрами V_{max} и α существует определенная связь. Для площадок № 1 ÷ 4 приближенное соотношение $\alpha \approx 0,08V_{max}$ может быть использовано при оценке и уточнении параметров модели.

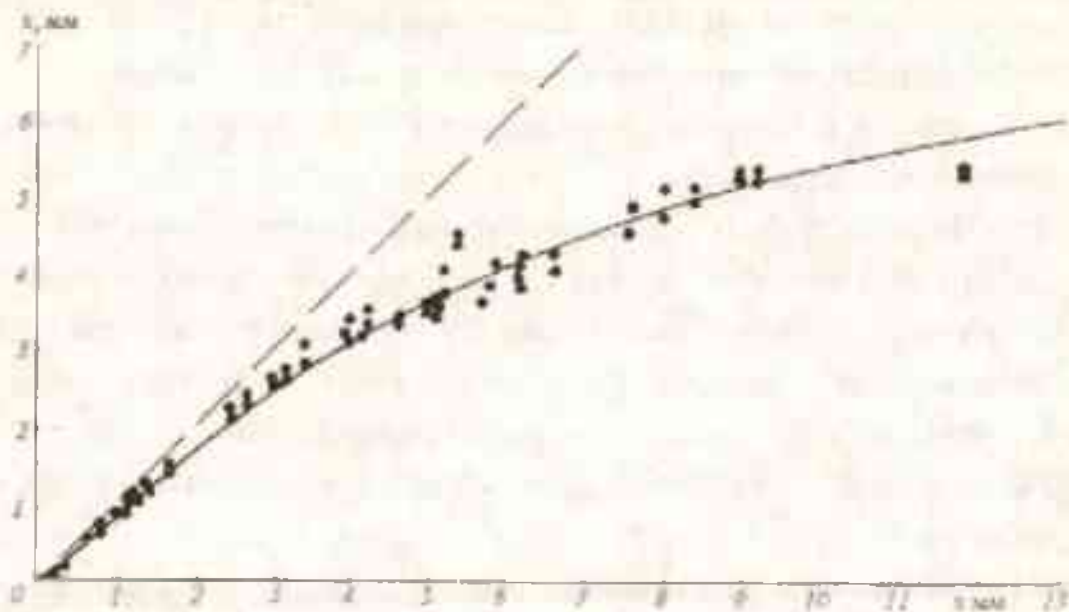


Рис. 4. Зависимость слоя осадков, задержанных кронами пихты в холодный период 1972 г. х, от их общего количества x (площадки № 1, №2).

В среднем значение параметра V_{max} для различных пород деревьев Западного Алтая в теплый период года характеризуется величинами: хвойные - 3,5 - 4,5 мм; лиственные - 3,0 - 4,0 мм; кустарник - 1,5 - 1,7 мм. В холодный период года параметр V_{max} несколько меньше: для хвойных пород он равен 3,0 - 3,5 мм; для лиственных пород и кустарников - около 1,5 мм. Коэффициент α в летний период изменяется от 0,2 - 0,3 (лиственные леса и кустарники) до 0,4 (хвойные леса).

Таблица 2

Параметры модели задержания осадков древесной растительностью (пихта)

Параметры	Номер площадки			
	1	2	3	4
V_{max}	5	6	5	3
α	0,4	0,48	0,40	0,24
k_x	0,2	0,2	0,2	0,2
k_y	2	2	2	2

При выполнении расчета задержания осадков для отдельных многочасовых дождей по тридцатиминутным интервалам времени проводилось некоторое уточнение параметров V_{max} и k_2 . Это связано с небольшим разбросом указанных параметров для отдельных дождей, обусловленном изменением водоотталкивающих свойств игл и листьев в процессе фазового развития растений или воздействия предшествующих осадков.

На рис. 5а и 5б приведены графики изменения слоя жидких осадков, выпавших в первой декаде сентября 1974 г., а также наблюдаемых и рассчитанных значений их задержания кронами пихт на площадках № 2 и № 4. Задержание осадков на этих площадках существенно различается. Это различие обусловлено размерами регулирующей емкости растительного покрова этих площадок. На графиках видно, что через некоторое время после полного заполнения регулирующей емкости задержание осадков продолжается за счет заполнения ее части, освободившейся при испарении влаги.

Приведенные графики показывают хорошее соответствие рассчитанных и наблюдаемых значений задержанных осадков. Это указывает на то, что с помощью предлагаемой модели осуществляется достаточно адекватное описание рассматриваемого процесса.

Кроме этого, для проверки адекватности модели, были использованы более двухсот суточных значений выпавших осадков и величин их задержания кронами пихт. Как отмечалось выше, эти материалы были получены летом 1974 г в результате выполнения экспериментальных работ по определению задержания осадков древесной растительностью (пихта) на площадках № 1 ÷ 4 (Западный Алтай). В результате моделирования рассматриваемого процесса по суточным интервалам времени были рассчитаны за летний период 1974 г значения задержания осадков кронами пихт на указанных четырех площадках.

Как известно, для определения адекватности предлагаемой модели рассматриваемому процессу кроме графических сопоставлений могут быть использованы такие статистические оценки, как отношение средней ошибки расчета элемента S к его среднему квадратическому отношению σ , а также коэффициент корреляции r и его вероятная ошибка. Соответствие рассчитанных и измеренных значений осадков, задержанных кронами пихт, характеризуется отношением $S/\sigma = 0,27$ и коэффициентом корреляции $r = 0,96 \pm 0,005$, а значений осадков, поступивших под кроны

деревьев, - отношением $S/\sigma = 0,15$ и коэффициентом корреляции $r = 0,99 \pm 0,002$. Приведенные оценки показывают, что предложенная модель может быть успешно использована для описания процесса задержания осадков растительным покровом.

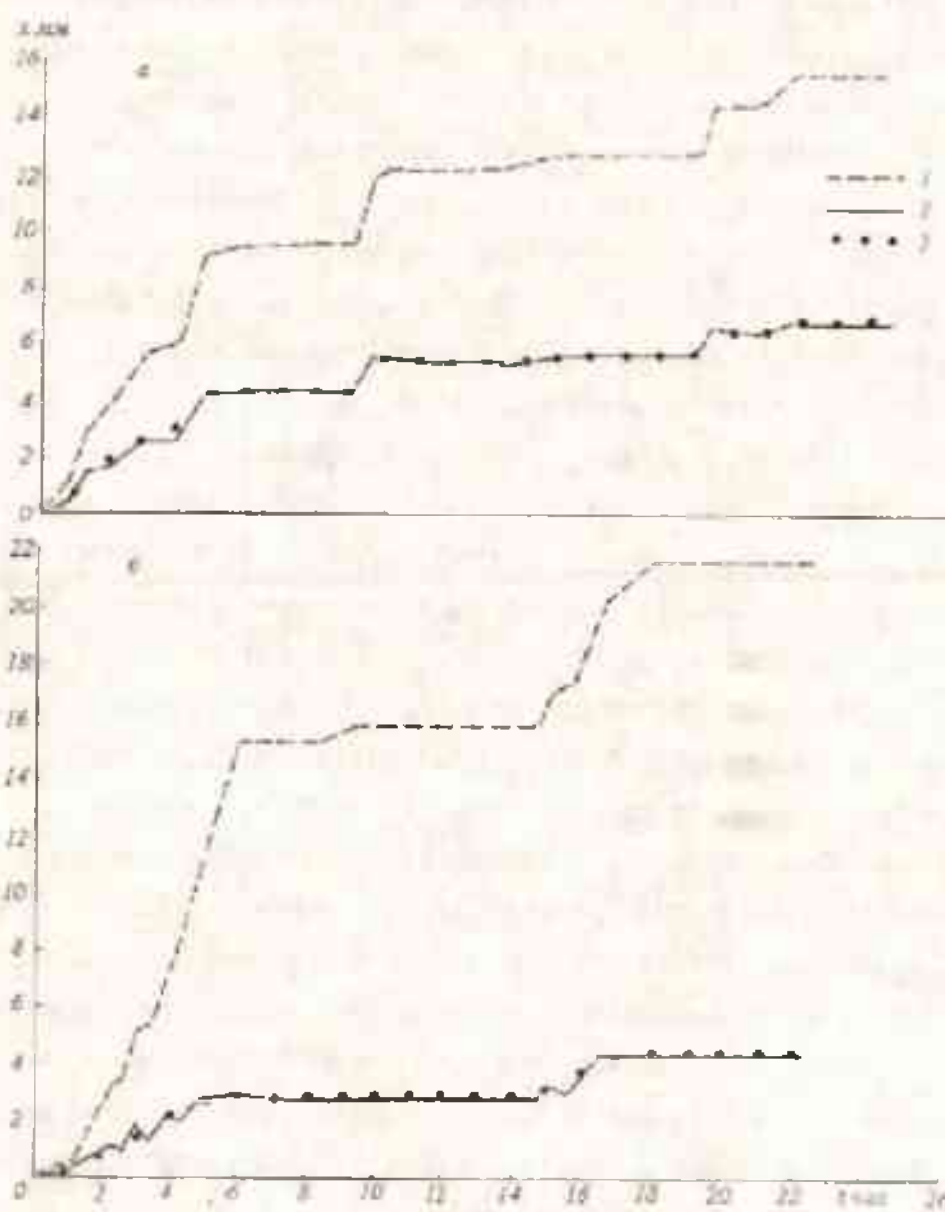


Рис. 5. Изменение слоя жидких осадков, выпавших на площадку № 2 1 - 2.09.1974 г. (а) и на площадку № 48 - 9.09.1974 г. (б) и их задержания кронами пихт. 1 - слой измеренных выпавших осадков, мм; 2 - слой измеренных задержанных осадков, мм; 3 - слой рассчитанных задержанных осадков, мм.

Значительные трудности при расчете задержания осадков древесной растительностью в речных бассейнах обусловлены сложностью опре-

деления его сомкнутости проективного покрытия - ρ . Для решения этой задачи могут быть использованы материалы космических съемок или аэрофотосъемок земной поверхности масштаба 1:5000 и крупнее, а также крупномасштабные топографические карты.

Определение сомкнутости (отношения площади проекции крон ко всей площади леса) с помощью материалов космической съемки или аэрофотосъемки поверхности водосбора в летний период обычно не вызывает затруднений. Оно производится статистическим методом, то есть путем подсчета числа точек, в которых наблюдается совмещение проекции крон древесной растительности и узлов прямоугольной сетки и общего числа точек (узлов сетки) в контуре. В этом случае сомкнутость вычисляется как отношение числа точек, в которых наблюдается указанное совпадение, к общему числу узлов сетки в данном контуре или речном бассейне.

Оценка сомкнутости с помощью топографических карт является более сложным и менее точным. Как известно, лес - древесная растительность высотой более 4-х метров и сомкнутостью крон свыше 0,2 выделяется на картах зеленой фоновой окраской [1]. Леса подразделяются на хвойные, лиственные и смешанные. На картах порода леса показывает условный пояснительный знак (фигурка хвойного или лиственного дерева), стоящий внутри контура вместе с названием преобладающей породы деревьев (осина, береза, сосна и т.п.). Если деревья определенной породы составляют более 80 % всех деревьев, то лес обозначается одним знаком преобладающей породы. Смешанный лес обозначается двумя подписями и соответственно двумя знаками (хвойные и лиственные деревья), из которых верхняя подпись и левый знак указывает преобладающую породу. Справа от пояснительного знака породы приводится характеристика древостоя в метрах: в числителе дроби - средняя высота деревьев H_c , в знаменателе - средняя толщина стволов на высоте груди человека D_c , справа от дроби - среднее расстояние между деревьями L_c леса с сомкнутостью крон менее 0,2 (редколесье) обозначается условным знаком в виде небольших черных кружков на светлом фоне. Располагая сведениями, приводимыми на крупномасштабных топографических картах и зависимостями между толщиной (диаметром) ствола на высоте груди человека D_c и диаметром крон деревьев D_k , можно рассчитать сомкнутость древесной растительности.

Параметры древесной растительности D_c и D_k могут быть также определены при проведении экспедиционных исследований. Для решения этой задачи в среднегорной зоне бассейна реки Ульбы (Западный Алтай) экспедици-

онным гидрологическим отрядом КазНИГМИ на выбранных репрезентативных участках были произведены определения высоты и диаметра стволов различных пород деревьев: осины, березы и пихты, а также диаметра их крон. Определение указанных параметров древесной растительности производилось в соответствии с приемами лесной таксации. Высота деревьев рассчитывалась по данным измеренных углов наклона визирных линий и горизонтальных проложений. Определение диаметров стволов деревьев и проекций крон на земную поверхность производилось по двум взаимно перпендикулярным направлениям: в результате из двух полученных измерений принималось среднее. В табл. 3 приведены статистические характеристики (среднее и среднее квадратическое отклонение) параметров древесной растительности Западного Алтая.

Таблица 3
Статистические характеристики древесной растительности в бассейне р. Ульбы

Высота H_c			Диаметр ствола D_c			Диаметр кроны D_k		
\bar{H}_c	σ	C_v	\bar{D}_c	σ	C_v	\bar{D}_k	σ	C_v
Осина (количество измерений – 70)								
19,7	5,73	0,29	0,26	0,091	0,35	6,34	1,76	0,28
Береза (количество измерений – 86)								
16,3	3,56	0,22	0,30	0,085	0,28	5,37	1,52	0,28
Пихта (количество измерений – 88)								
14,7	4,92	0,33	0,19	0,077	0,41	2,56	0,92	0,36

Ниже приведены корреляционные матрицы указанных выше характеристик древесной растительности Западного Алтая.

Таблица 4
Корреляционные матрицы характеристик деревьев различных пород

	D_c	L	D_k
Осина			
D_c	1,00	0,39	0,86
L		1,00	0,27
D_k			1,00
Береза			
D_c	1,00	0,14	0,87
L		1,00	0,03
D_k			1,00
Пихта			
D_c	1,00	0,64	0,88
L		1,00	0,58
D_k			1,00

Данные, приведенные в табл. 3 показывают, что в рассматриваемом районе наибольшую высоту имеют осина (средняя высота деревьев около 20 м), а наименьшую - пихта (средняя высота деревьев около 15 м). Высота берез в среднем составляет около 16 м. Коэффициент изменчивости высоты деревьев составляет 0,22 - 0,33. Наибольший диаметр стволов имеет береза - в среднем около 0,30 м, наименьший - около 0,19 м. Диаметр ствола осины в среднем составляет 0,26 м. Коэффициент изменчивости диаметра ствола у пихты составляет 0,41. Наименьшее его значение - у березы: 0,28. Для осины его значение составляет 0,35. Наибольший диаметр имеет крона осины, в среднем около 6,5 м, наименьший - пихта, в среднем около 2,5 м. Диаметр кроны березы составляет около 5,5 м. Приведенные данные показывают, что диаметры крон лиственных деревьев в 2,1 - 2,5 раза больше диаметра кроны пихты. Коэффициент вариации диаметра кроны у пихты достигает 0,36; а у березы и осины составляет 0,28. Данные табл. 4 показывают, что между диаметром крон деревьев D_k и диаметром их стволов имеются наиболее тесные связи, характеризующиеся коэффициентами корреляции 0,86 - 0,88. Между высотой деревьев и диаметром их крон D_k связи очень слабые, за исключением пихты (коэффициент корреляции 0,58).

В табл. 5 приведены соотношения отдельных характеристик древесной растительности Западного Алтая.

Таблица 5

Соотношения отдельных характеристик древесной растительности Западного Алтая

Осина		Береза		Пихта	
D_k / D_c	\bar{D}_k / \bar{L}	D_k / D_c	\bar{D}_k / \bar{L}	D_k / D_c	\bar{D}_k / \bar{L}
24,4	0,32	17,9	0,33	13,5	0,17

Используя эти соотношения и располагая сведениями о диаметре стволов \bar{D} или средней высоте \bar{L} деревьев различных пород, а также средним расстоянием между ними, приведенными на топографических картах, можно приблизительно определить средний диаметр их крон, а затем и сомкнутость древесной растительности.

Если принять, что среднее расстояние между деревьями характеризует средний диаметр круга, в котором располагается одно дерево, то сомкнутость древесного покрова на участке можно приблизительно опреде-

лить как квадрат отношения среднего диаметра кроны к среднему расстоянию между деревьями. Расчет сомкнутости растительного покрова и задержания осадков древесной растительностью целесообразно производить в пределах отдельных высотных зон речных бассейнов и на склонах различной экспозиции.

В заключение следует отметить, что разработанные алгоритмы позволяют адекватно описать процесс задержания осадков древесной растительностью и определить его характеристики по суточным и более коротким интервалам времени. В результате проведенных исследований установлена линейная зависимость задержанных жидких осадков от их общей величины для древесной растительности (пихта). Задержание твердых и жидких осадков происходит, как правило, по экспоненциальному закону. На основе анализа экспериментальных данных впервые для Западного Алтая установлены значения параметров задержания осадков для различных древесных пород и кустарников. Разработана схема определения сомкнутости (проективного покрытия) растительного покрова в условиях ограниченной информации. Предложенная модель задержания осадков растительным покровом может быть успешно использована при воднобалансовых исследованиях и разработке методов моделирования и расчета речного стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубнов И.А. и др. Военная топография / Бубнов И.А., Кремль А.И., Калинин А.К., Шленников С.А. - М.: Воениздат, 1964. - 350 с.
2. Булавко А.Г. водный баланс речных водосборов (основные закономерности, методы расчета и проблемы преобразования). - Л.: Гидрометеориздат, 1971. - 304 с.
3. Бефани А.Н. Расчет задержания осадков растительностью // Метеорология, климатология и гидрология. - Киев, 1975. - С. 97 - 104.
4. Голубцов В.В., Ли В.И. Схема расчета динамики баланса влаги зоны активного влагообмена горных бассейнов // Труды КазНИГМИ. - 1973. - Вып. 50. - С. 58 - 72.
5. Голубцов В.В., Ли В.И. О расчете задержания осадков растительным покровом // Труды КазНИГМИ. - 1975. - Вып. 48. - С. 65 - 69.
6. Голубцов В.В., Ли В.И., Ивкина Н.И. Оценка параметров модели задержания осадков растительным покровом // Труды КазНИГМИ. - 1989. - Вып. 104. - С. 9 - 13.
7. Колесник П.И. Задержание атмосферных осадков растительным покровом // Метеорология, климатология и гидрология. - 1968. - Вып. 3. - С. 86 - 99.

8. Китредж Д. Влияние леса на водный баланс водосборов. - Киев: Наукова Думка, 1968. - 456 с.
9. Кучмент Л.С. Модели процессов формирования речного стока. - Л.: Гидрометеиздат 1980. - 44 с.
10. Линслей Р.К., Колер М.А., Паулюс Д.Л.Х. прикладная гидрология. - Л.: Гидрометеиздат, 1962. - 760 с.
11. Литовченко А.Ф., Мочалов В.П. Перехват осадков травянистой и кустарниковой растительностью // География. - Алма-Ата, 1970. - Вып. 2. - С. 74 - 82.
12. Лучшева А.А. Осадки под пологом леса // Труды ВНИИЛХ. - 1940. - Вып. 18. - С. 113 - 148.
13. Матвеев П.И. Задержание жидких осадков пологом елового леса в Тянь-Шане // Труды КиргЛОС. - 1965. - Вып. 4. - С. 55 - 63.
14. Молчанов А.А. Гидрологическая роль леса. - М.: Изд-во АН СССР, 1960. - 454 с.
15. Мочалов В.П., Литовченко А.Ф. О необходимости учета перехвата атмосферных осадков растительностью при проведении воднобалансовых исследований // Сб. Биологи и география. - Алма-Ата, 1968. - Вып. V. - С. 230 - 236.
16. Побережский Л.Н., Трофимов Г.Н. Перехват атмосферных осадков растительностью и его учет при воднобалансовых исследованиях // Труды САРНИГМИ. - 1972. - Вып. 62(77). - С. 46 - 53.
17. Соседов И.С. Исследование баланса снеговой влаги на горных склонах в Заилийском Алатау. - Алма-Ата: Наука, 1967. - 108 с.
18. Соседов И.С., Филатова Л.Н., Киктенко О.В. и др. Температурный и водный режим горных склонов. - Алма-Ата: Наука, 1983. - 92 с.
19. Слейчер Р. Водный режим растений. - М.: Мир, 1970. - 365 с.
20. Таранков В.И. Задержание осадков на кронах в хвойно-широколиственных лесах Южного Приморья // Сообщения ДВ филиала СО АН СССР. - Владивосток, 1964. - Вып. 23. - С. 13 - 18.
21. Федоров С.Ф., Рогоцкая Р.Е. О задержании жидких осадков пологом хвойного леса // Труды ГГИ. - 1971. - Вып. 198. - С. 142 - 153.
22. Хильми Г.Ф. Теоретическая биогеофизика леса. - М.: Изд-во АН СССР, 1957. - 122 с.
23. Цыгельная И.Д., Голубев Г.Н. Условия формирования склонового стока в лесо-луго-степном поясе северного склона хребта Терскей Ала-Тоо. - Фрунзе: Изд-во АН КиргССР, 1963. - 188 с.
24. Эйтинген Г.Р. Задержание осадков пологом леса // Лес и степь. - 1951. - № 8. - С. 62 - 71.
25. Grouse R.P. Methods of measuring and analysing rainfall interception by grass // Bulletin of International Association of Scientific Hydrology. - 1966. - Vol. 2. - № 2. - P. 110 - 120.
26. Horton R.E. Rainfall interception // Monthly Weather Rev. - 1919. - Vol. 47. - P. 399 - 417.

плотность селевой смеси. Именно такие сели способны выходить за пределы гор и откладывать наносы на конусах выноса, расположенных на предгорной равнине.

Довольно распространенными проявлениями эрзионных процессов в горах, способных в определенных условиях спровоцировать возникновение селя, являются: линейная эрозия, сдвиг переувлажненных склоновых отложений.

Таблица

Средние значения морфометрических характеристик селевых очагов различных классов [2]

Номер класса	Площадь водосбора очага, км ²	Наибольшая высотная отметка водосбора, м	Наибольшая высотная отметка очага, м	Длина очага, м	Уклон очага, $\text{tg}\alpha$
1	2,37	3560	3100	2,16	0,34
2	0,88	3520	3270	1,42	0,47
3	0,48	2940	2770	1,13	0,49
4	0,45	2930	3780	1,28	0,53
5	0,28	3330	3210	1,00	0,61

Однако наиболее типичным сдвиговым явлением в высокогорной зоне, приводящим к возникновению селей, является сдвиг водонасыщенных рыхлообломочных пород, накапливающихся в межселевые периоды, в склоновых ложбинах, (рытвинах).

Особенность заполнения рытвины рыхлообломочным материалом заключается в том, что крупные частицы при их перемещении с прилегающих склонов в притальвеговую зону имеют наибольшую вероятность опуститься на низкие высотные отметки. При этом образуется каркас из относительно крупных частиц, в поровом пространстве которых и формируется подземный канал стока. Со временем канал перекрывается сверху частицами различного размера, образующими отложения с полным, для данных геолого-геоморфологических условий, гранулометрическим составом. В зависимости от размеров рытвины глубина залегания подземного канала стока может колебаться от долей метра до нескольких метров. Эффективное (не занятое твердыми частицами и льдом) сечение канала стока формируется паводками, образующимися при выпадении ординарных ливней, а также

талыми водами. В холодный период года сечение канала стока может уменьшаться за счет намораживания льда.

Если расход воды увеличивается до значений, при которых свободное течение воды в каналах стока замещается напорным движением, происходит обводнение пород, вмещающих канал стока. Процесс перераспределения давления в пласте горных пород, вмещающем воду с напорным характером движения, занимает определенное время. Поэтому, если напорное движение кратковременно, никаких видимых изменений не происходит: поровое пространство "сглаживает" гидрограф паводка.

В редких ситуациях, когда напорное движение продолжается десятки минут и даже часы, объемы обводненных пород могут составить тысячи кубических метров при расходах подземных потоков, не превышающих доли кубических метров в секунду. Аккумуляция значительных объемов воды создает предпосылки для формирования мощных грязекаменных потоков в результате потери устойчивости обводненными массивами рыхлообломочных пород. Смешиваясь с паводочными водами других частных бассейнов, потоки многократно увеличивают свои характеристики за счет вовлечения в селевой процесс увлажненных грунтов, вмещающих русла водотоков.

Типичными представителями селевых очагов, в которых селевые процессы реализуются в ходе потери устойчивости водонасыщенными рыхлообломочными породами, являются рытвина, примыкающая с севера к скальному массиву правого борга р. М. Алматинка, расположенному прямо напротив метеостанции Мынжилки и рытвины, примыкающие к двум селевым врезам, расположенным на моренных отложениях ледника, стекающего на запад с пика Советов. Общий вид рытвины, примыкающей к левому (тожному) врезу показан на рис.1. Эта рытвина, образованная в моренных отложениях, имеет продольный наклон 31° , длину 700 - 800 м, площадь водосбора $0,9 \text{ км}^2$. Она расположена в высотной зоне 2900 - 3400 м. Для выявления наличия подземных каналов стока, определения их морфометрических характеристик в 1996 г. сотрудниками лаборатории селевых потоков КазНИИМОСК был пройден шурф в осевой части рытвины.

Оценка гранулометрического состава рыхлообломочных пород, извлеченных из шурфа при его проходке, показала, что основная масса обломков представляет собой слабо окатанные частицы с размерами 50 - 500 мм, состав мелкозема - типичный для состава морен голоценового возраста. В процессе проходки шурфа был обнаружен подземный канал стока, сформиро-

ванный в пустотах между обломками частиц имеющими размеры от 100 до 500 мм. Поперечные размеры сечения канала стока не превышали 500 мм, центр его располагался на глубине 1200 - 1300 мм. Рыхлообломочные породы, окружавшие канал стока, содержали все фракции моренных отложений, вмещающих рытвину. Следовательно, пропускная способность (на единицу площади) грунта, окружающего канал стока, на несколько порядков была меньше таковой подземного канала стока.

В подземном канале концентрируется основной подземный сток, формирующийся в результате выпадения осадков на водосборную поверхность рытвины, таяния снега и льда, находящегося в поровом пространстве моренных отложений.



Для расчета интенсивности и продолжительности осадков, приводящих к обводнению грунтов рытвины и потере последними устойчивости (т.е. селеформированию) необходимо, помимо информации о морфометрических характеристиках рытвины, знание инфильтрационных характеристик грунтов и пропускной способности подземных каналов стока.

Имеющиеся данные позволили получить выражение, с помощью которого можно оценить пропускную способность подземных каналов стока в режиме безнапорного движения воды:

$$Q = 1,35S D^{0,67} i^{0,3}$$

где Q - максимальный расход в безнапорном режиме, м³/с; S - площадь сечения канала стока, м²; D - средний размер частиц, в которых сформирован канал стока, м; i - уклон канала стока, доли единицы.

Рис. 1. Общий вид рытвины в верховьях вреза, примыкающего к леднику пики Советов.

Если канал стока не обеспечивает безнапорный пропуск паводка, возникает ситуация, описанная выше - переход безнапорного режима течения воды в напорное, обводнение значительного объема рыхлообломочных пород с потерей их устойчивости и, как следствие, - сдвиговые явления с формированием селевых потоков. Примером реализации этого механизма служит ранее отмечавшаяся рытвина в створе плотины Мынжилки. Рытвина расположена в высотной зоне 3100 - 3660 м над уровнем моря. Продольный наклон рытвины 33° , площадь водосбора $0,34 \text{ км}^2$, длина 1180 м. Общий вид рытвины показан на рис.2. Она "сработала" в конце июня 1988 г. после сильных осадков, выпавших в основном в жидком виде. За 12 часов их сумма составила 65 мм, а интенсивность в отдельные периоды времени была весьма высокой. Селевой поток в створе плотины Мынжилки повредил служебное строение Казселезащиты и перекрыл дорогу.

В качестве превентивной меры борьбы с этими опасными сдвиговыми явлениями нами предлагается создание "окон разгрузки". Эти окна вскрывают каналы стока, уменьшают давление в пласте и переводят подземный сток в поверхностный, предотвращая, таким образом, обводнение массива. Поиски подземного канала стока могут вестись с помощью технических средств. Хорошо зарекомендовал себя сейморасходомер, который использовался нами при поиске каналов стока в теле морены



Рис. 2. Рытвина в створе плотины Мынжилки

Маншук Маметовой, а также в многолетних работах В.А. Голубовича [1] на Туюксуйских моренах. Поиск может вестись и методом прослушивания шумов, создаваемых подземными водогаками, при перемещении вкрест простирания осевой линии рытвины. Такое прослушивание более эффективно после выпадения осадков, когда "работают" каналы, не имеющие постоянного водотока.

Окно разгрузки было выполнено в нижней части рытвины, примыкающей к правому плечу трога Маншук Маметовой. Последовательные этапы работ показаны на рис. 3 - 6. Общий вид рытвины показан на рис. 3; на рис. 4 - участок рытвины до начала работ, на рис. 5 - вскрытие шурфом подземного канала стока. На рис. 6 представлен окончательный вид "окна". Общая схема устройства окна разгрузки показана на рис. 7. Важно, чтобы высотные отметки дна поверхностного канала стока в окне обеспечивали беспрепятственный сток воды с днища шурфа при повышении давления в подземном канале.

Выявление механизмов, приводящих к инициированию селей дождевого генезиса, позволяют разработать методы предотвращения аномального увлажнения обломочных пород. Исключение напорного движения в подземных каналах стока стартовых зон позволит предотвратить или существенно снизить характеристики селей дождевого генезиса. Описываемый способ борьбы с формированием селей на порядки дешевле, чем задержание селей плотинами, сооружаемыми в горных долинах.



Рис. 3. Общий вид рытвины.



Рис. 4. Участок рытвины до начала работ.



Рис. 5. Вскрытие шурфом подземного канала стока.

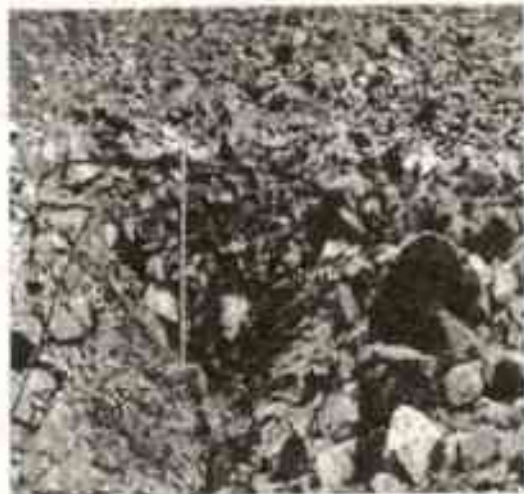


Рис. 6. Окончательный вид окна разгрузки.

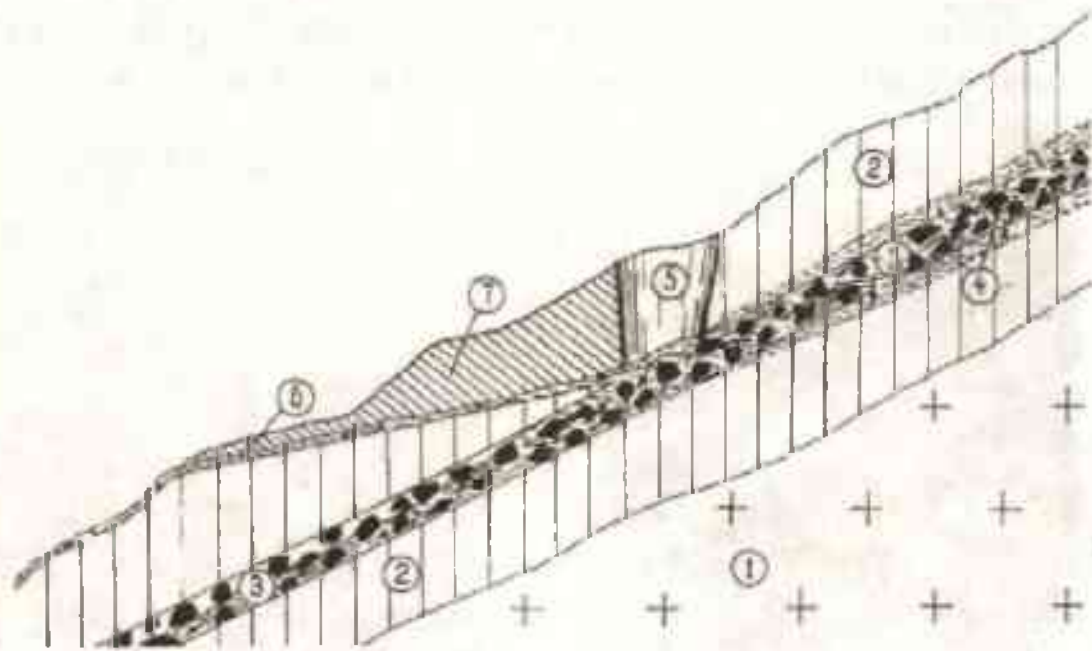


Рис. 7. Схема устройства "окна разгрузки". 1 - породы коренной основы; 2 - отложения наносов, заполняющих рывтвину; 3 - подземный канал стока; 4 - зона обводнения вокруг канала стока, образованная под воздействием небольшого напора выше окна разгрузки; 5 - шурф, вскрывающий подземный канал стока; 6 и 7 - днище и стенка выработки, которая обеспечивает беспрепятственный переход подземного стока в поверхностный.

Предотвращение селей резко снизит масштабы эрозионных процессов в горной зоне, что будет способствовать сохранению биоразнообразия,

УДК 551.461.25(465.75)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОЗМОЖНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА УРОВЕНЬ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Канд. геогр. наук В.П. Попова

Приведены результаты оценки влияния возможного изменения уровня Каспийского моря в будущем, полученные на основе уравнения водного баланса водоема и инкрементальных сценариев климата. Показано, что основные колебания уровня будут обусловлены изменениями осадков и температуры воздуха не в пределах его акватории, а в бассейнах рек, впадающих в Каспийское море.

В работе [2] дана оценка возможного изменения уровня Каспийского моря под влиянием антропогенного изменения климата, с помощью сценариев, полученных по моделям общей циркуляции атмосферы [3, 5]. Результаты этих исследований можно дополнить, лучше понять и объяснить, выполнив соответствующие расчеты с помощью уравнения водного баланса и так называемых инкрементальных климатических сценариев, представляющих собой заданные отклонения температуры воздуха и атмосферных осадков от их средних многолетних значений.

При постоянных значениях площади моря, подземного притока и поступления морской воды в залив Кара-Богаз-Гол уравнение годового водного баланса моря, в отклонениях его составляющих от средних многолетних значений, имеет следующий вид:

$$\Delta Z = 0,1 (\Delta R_o + \Delta X_o - \Delta E_o), \quad (1)$$

где ΔZ - изменение уровня моря, см; ΔR_o - изменение речного стока в море, мм; ΔX_o - изменение атмосферных осадков, выпадающих на поверхность моря, мм; ΔE_o - изменение испарения с поверхности моря, мм.

Речной сток в море зависит в основном от стока р. Волга. В связи с этим для его отклонений от среднего многолетнего значения можно записать:

$$\Delta R_o = k\alpha\Delta R, \quad (2)$$

где ΔR – изменение стока р. Волги, мм/год; $k = 1,25$ при условии, что среднее многолетнее значение стока р. Волга составляет около 80% от суммарного речного стока в Каспийское море; $a = S/\omega$ – отношение площади бассейна р. Волга ($S = 1\,360\,000$ км²) к площади акватории моря ($\omega = 376\,545$ км²) при его средней многолетней отметке минус 28 м, в долях единицы.

По результатам исследований И.И. Борзенковой для бассейна р. Волга [1], можно записать

$$\Delta R = \Delta X [a \ln(\Delta T - b_1) + c_1], \quad (3)$$

где ΔX и ΔT – соответственно отклонение годовой суммы атмосферных осадков (мм) и средней годовой температуры воздуха (°C) от средних многолетних значений; $a = 0,335$, $b_1 = 0,44$ и $c_1 = 0,1943$ – эмпирические параметры. Подставляя (3) в выражение (2), получим

$$\Delta R_o = k\alpha\Delta X [a \ln(\Delta T - b) + c]. \quad (4)$$

Для поверхности Каспийского моря Смирновой К.И. [4] установлена зависимость годового слоя испарения от температуры воздуха в следующем виде:

$$E_o = 12(k_1 T_o + c_1), \quad (5)$$

где E_o – годовое количество испарения, мм; T_o – средняя годовая температура воздуха по метеорологическим станциям Баку, Махачкала, Туркменбаши (Красноводск) и Форт Шевченко, °C; $k_1 = 4,07$ и $c_1 = 30$ – эмпирические параметры. Коэффициент корреляции этой зависимости равен 0,92.

Учитывая (6), выражение для определения ΔE_o в зависимости от изменения температуры воздуха можно представить в следующем виде:

$$\Delta E_o = 12k_1\Delta T_o, \quad (6)$$

где ΔT_o – отклонение средней годовой температуры воздуха над акваторией моря от среднего многолетнего значения, °C.

Подставив выражения (4) и (6) в (1) и выполнив необходимые преобразования, получим

$$\Delta Z = 0,45\Delta X [0,335 \ln(\Delta T - 0,44) + 0,194] + 0,1\Delta X_o - 4,88\Delta T_o \quad (7)$$

Расчеты ΔZ по уровню (7) производились по инкрементальным сценариям для бассейна Волги: $\Delta T = 1, 2, 3, 4$ °C и $\Delta P = -50, 0, 50, 100$ мм. Значение ΔT_o приближенно определено по соотношению с ΔT , получен-

ному в процессе моделирования изменения климата при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере [2]:

$$\Delta T_a \approx 0,8 \Delta T. \quad (8)$$

Отклонения годовой суммы атмосферных осадков ΔX_a от средних многолетних значений принималось равным 0 и 100 мм, то есть изменяющимся примерно в пределах результатов их расчета по моделям общей циркуляции атмосферы. Результаты расчетов помещены в таблице.

Таблица

Изменение уровня Каспийского моря за год относительно средней многолетней отметки водной поверхности при различных инкрементальных сценариях

Инкрементальный сценарий				ΔZ , см
ΔT , °C	ΔT_a , °C	ΔX , мм	ΔX_a , мм	
1,0	0,8	-50	0	-4
1,0	0,8	0	0	-4
1,0	0,8	50	0	-4
1,0	0,8	100	0	-4
1,0	0,8	-50	100	6
1,0	0,8	0	100	6
1,0	0,8	50	100	6
1,0	0,8	100	100	6
2,0	1,6	-50	0	-16
2,0	1,6	0	0	-8
2,0	1,6	50	0	0
2,0	1,6	100	0	8
2,0	1,6	-50	100	-6
2,0	1,6	0	100	2
2,0	1,6	50	100	10
2,0	1,6	100	100	18
3,0	2,4	-50	0	-23
3,0	2,4	0	0	-12
3,0	2,4	50	0	-3
3,0	2,4	100	0	11
3,0	2,4	-50	100	-13
3,0	2,4	0	100	-2
3,0	2,4	50	100	10
3,0	2,4	100	100	21
4,0	3,2	-50	0	-30
4,0	3,2	0	0	-16
4,0	3,2	50	0	-2
4,0	3,2	100	0	12
4,0	3,2	-50	100	-20

Инкрементальный сценарий				ΔZ , см
ΔT , °C	ΔT_0 , °C	ΔX , мм	ΔX_0 , мм	
4,0	3,2	0	100	-6
4,0	3,2	50	100	8
4,0	3,2	100	100	22

Данные, приведенные в таблице, позволяют сделать следующие выводы:

1. Наибольшие изменения уровня воды за год возможны при $\Delta T = 4$ °C ($\Delta T_0 = 3,2$ °C). При этом значении ΔT для $\Delta X = -50$ мм и $\Delta X_0 = 0$ мм можно ожидать максимального понижения уровня моря – на 30 см, а при $\Delta X = 100$ мм и $\Delta X_0 = 100$ мм – максимального его повышения – на 22 см по сравнению с его средним многолетним значением (-28,00 м) в современных условиях.

2. Увеличение осадков на акватории моря ΔX_0 от 0 до 100 мм при прочих равных условиях (ΔT , ΔT_0 , ΔX) повысит уровень моря на 10 см. В то же время изменение осадков ΔX в бассейне Волги, кроме случая $\Delta T = 1$ °C ($\Delta T_0 = 0,8$ °C), независимо от ΔX_0 окажет более существенное влияние на ΔZ . Так при $\Delta T = 2$ °C ($\Delta T_0 = 1,6$ °C) изменение уровня воды составит 24 см, при $\Delta T = 3$ °C ($\Delta T_0 = 2,4$ °C) – $\Delta Z = 34$ см, $\Delta T = 4$ °C ($\Delta T_0 = 3,2$ °C) – $\Delta Z = 42$ см.

3. При $\Delta T = 1$ °C ($\Delta T_0 = 0,8$ °C) изменение осадков ΔX в бассейне Волги в пределах -50...100 мм не отразится на величине ΔZ . Влияние будут оказывать только осадки на акватории моря – при $\Delta X_0 = 0$ мм ΔZ уменьшится на 4 см по сравнению со средним многолетним, а при $\Delta X_0 = 100$ мм увеличится на 6 см.

Таким образом, основные колебания уровня будут обусловлены изменениями осадков и температуры воздуха не в пределах его акватории, а в бассейнах рек, впадающих в Каспийское море.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борзенкова И.И. Влияние возможных изменений климата на осадки, испарение и сток в бассейне р. Волга // Анализ изменений уровня Каспийского моря (технико - экономического доклада по защите народно-хозяйственных объектов и населенных пунктов прибрежной полосы Каспийского моря в пределах Дагестана, Калмыкии и Астраханской области. - М.: 1992. - С. 494 - 537

2. Голубцов В.В., Ли В.И., Попова В.П. Влияние антропогенных изменений климата на уровень Каспийского моря // Гидрометеорология и экология. - 2000. - № 3-4 - С. 84 - 99
3. Долгих С.А., Пилифосова О.В. О методах оценки ожидаемых изменений глобального климата и сценарии изменения климата Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 4. - С. 94 - 109
4. Смирнова К.И. Водный баланс и долгосрочный прогноз уровня Каспийского моря. - Л.: Гидрометеоиздат, 1972. - 123 с
5. Pilifosova O., Fserkerova I., Dolgih S. Regional climate change scenarios under global warming in Kazakhstan. Climatic Change 36, Kluwver Academic Publishers. Printed in the Nitherlands, 1997. - P. 23 - 40

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫ ӨЗГЕРУІНІҢ ЖӘНЕ АТМОСФЕРАЛЫҚ ЖАУЫН-ШАШЫНДАРДЫҢ КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ДЕҢГЕЙІНЕ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Геогр. ғылымд. канд. В.П. Попова

Суқойманың су балансы мен климаттың инкременталды сценарийлерін теңестіру негізінде алынған Каспий теңізінің келешектегі ықтимал өзгерістерінің ықпалдарын бағалау нәтижелері келтірілген. Теңіз деңгейінің негізгі ауытқулары жауын-шашын және температураның оның акваториясы аумағындағы емес, Каспий теңізіне құятын өзендер алабындағы өзгерістерімен шартталатындығы көрсетілген.

УДК 556.536

КЛАССИФИКАЦИЯ РУСЕЛ ПОЛУГОРНЫХ И ГОРНЫХ ПОТОКОВ ПО ВЕЛИЧИНЕ КОЭФФИЦИЕНТА ШЕРОХОВАТОСТИ

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов

Проведена классификация полугорных и горных потоков по величине коэффициентов шероховатости, определенных с помощью гидрометрических материалов. В предлагаемой классификации русла полугорных и горных водных потоков разделены на три категории, а турбулентных селевых потоков - на две категории. Предложенная классификация позволяет в значительной мере избежать субъективности при определении коэффициента шероховатости русел полугорных и горных потоков и повысить точность расчетов их средней скорости в условиях ограниченной информации.

Коэффициент шероховатости является важнейшим параметром, определяющим гидравлическое сопротивление в руслах полугорных и горных потоков. Визуально определить его величину для русел рек и каналов крайне затруднительно. Поэтому до настоящего времени продолжают попытки разработки формул для расчета скорости течения воды с постоянным, наиболее вероятным значением этого параметра [9, 11, 16, 22]. Эти исследования, направленные на разработку указанных формул и более определенных классификаций рек по величине указанного коэффициента являются достаточно перспективными. Успешное решение этой задачи позволило бы в значительной мере избежать субъективности при визуальной (качественной) оценке характеристик шероховатости ложа реки и повысить точность гидравлических расчетов. Проведенные исследования показывают, что перспективы получения таких результатов для полугорных и горных рек являются достаточно реальными [3, 5 - 7].

Как известно, в настоящее время в гидравлике для расчета скорости полугорных и горных рек, характеризующихся неравномерным движением воды, условно используется формула Шези, отражающая квадра-

точный закон сопротивления и справедливая только для равномерного движения:

$$V = C\sqrt{HI} \quad (1)$$

где V - средняя скорость, м/с, C - скоростной коэффициент Шези, определяемый путем обработки натуральных данных, а также по эмпирическим формулам; H - средняя глубина потока, приближенно принимаемая равной гидравлическому радиусу R ; I - уклон свободной поверхности потока.

При равномерном движении воды формула Шези, в основном, отражает влияние так называемых линейных потерь напора, затрачиваемых на преодоление сопротивлений трения. Местные потери напора, обуславливаемые резкими изменениями конфигураций границ потока при равномерном движении, незначительны и ими обычно пренебрегают [29]. В этих условиях скоростной коэффициент Шези C зависит только от шероховатости русел и его геометрических размеров [21].

При неравномерном движении местные потери напора, обусловленные чередованием сужений и расширений русла, а также изменениями его конфигурации, шероховатости и уклона на участке реки уже оказывают значительное влияние на гидравлическое сопротивление при движении потока. Поэтому в условиях неравномерного движения, характерного для полугорных и горных рек скоростной коэффициент Шези C зависит не только от шероховатости русла и его размеров, но и от гидродинамического параметра - уклона. Это указывает на отклонение гидравлических сопротивлений полугорных и горных рек от квадратичного закона сопротивления за счет увеличения местных потерь [8].

В результате проведенных исследований установлено, что квадратичному закону сопротивления соответствует только условия движения воды в руслах рек с уклонами $I \leq 0,001$. Потери напора на сопротивление движению воды рек с уклонами $I \geq 0,004$ пропорциональны средней скорости в шестой степени или кубу числа Фруда. В диапазоне уклонов $0,001 \leq I \leq 0,004$ по мере их увеличения наблюдается постепенный переход от зоны гидравлических сопротивлений, пропорциональных квадрату средней скорости или числу Фруда к зоне сопротивлений пропорциональных средней скорости в шестой степени или кубу числа Фруда. Дополнительное сопротивление при движении воды в руслах горных рек ($I \geq 0,004$) пропорционально средней скорости в четвертой степени или квадрату числа Фруда.

Следует полагать, что оно обусловлено местными потерями напора, возникающими при неравномерном движении горных потоков [6, 8].

Проведенные исследования позволили впервые установить количественные закономерности формирования местных потерь напора при движении полугорных и горных потоков. Они показали, что местными потерями напора можно пренебрегать только при движении воды в равнинных реках, а также в каналах и быстротоках, где условия для аэрации потока и формирования местных потерь напора устранены. Установленные закономерности можно использовать для расчета скоростей полугорных и горных потоков по гидравлическим элементам их русел и следам прошедших паводков, а также определения других гидравлических характеристик.

Исследования автора также показали [5, 6, 8], что скоростной коэффициент Шези C в условиях неравномерного движения полугорных и горных потоков ($I > 0,001$) может быть принят равным:

$$C = \frac{H^{0,17}}{m(1 + 0,001)^{0,33}}, \quad (2)$$

или для горных рек ($I \geq 0,004$)

$$C = \frac{H^{0,17}}{mI^{0,33}}, \quad (3)$$

где m - коэффициент шероховатости.

Для турбулентных селевых потоков параметр C равен [7]:

$$C = \frac{I}{mI^{0,33}}. \quad (4)$$

Подставив выражения (2), (3) и (4) в формулу Шези (1) соответственно получим [5 - 8] для полугорных и горных рек ($I > 0,001$):

$$V = \frac{I}{m} H^{0,62} (1 + 0,001), \quad (5)$$

для горных рек ($I \geq 0,004$):

$$V = \frac{I}{m} H^{0,62} I^{0,17}, \quad (6)$$

для турбулентных селевых потоков:

$$V = \frac{I}{m} H^{0,5} I^{0,17}. \quad (7)$$

Следует отметить, что формулы вида (6) получены в 60-х годах прошлого столетия независимо С. Герасимовым (Георгиевым) для горных

водотоков бассейна р. Марицы в Болгарии [3, 4] и автором для горных рек Средней Азии и других регионов бывшего Союза [5, 6].

Исследования показали, что для полугорных ($0,001 < I < 0,004$), а также горных ($I \geq 0,004$) рек и временных водотоков значение параметра I/m в формулах (5) и (6) может быть принято постоянным или определено путем использования классификации коэффициента шероховатости m . В работах С. Герасимова (Георгиева) наиболее вероятное значение параметра I/m для горных рек Болгарии (бассейн р. Марицы) принято равным 5 [3, 4]. Автором для горных рек Средней Азии и других районов бывшего Союза этот параметр в первом приближении был принят равным 4,5 [5, 6]. Различие наиболее вероятного значения указанного параметра вызывает необходимость его дальнейшего уточнения.

На рис. 1 приведена гистограмма распределения параметра I/m в формулах (5 - 6). Для его построения были использованы значения I/m , определенные для горных рек бывшего Союза с уклонами $0,004 - 0,082$ по данным Гидрологических ежегодников, а также материалам, опубликованным в ряде научных работ [3, 16, 17, 20, 22, 24, 30].

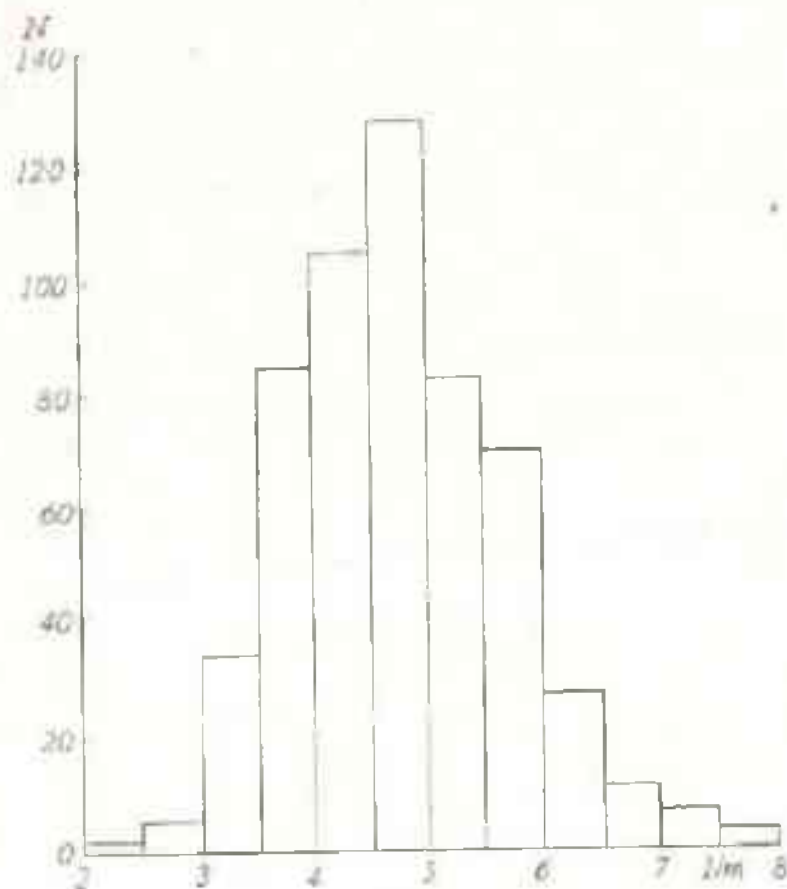


Рис. 1 Гистограмма I/m

Кроме этого были использованы данные определений $1/m$ для горных рек Болгарии (бассейн р. Марицы) с уклонами $I \geq 0,004$ [3]. Всего было использовано 629 наиболее надежных значений этого параметра. Как следует из гистограммы распределения параметра $1/m$ его значение в основном (91 %) изменяется от 3,0 до 6,5, причем около 80 % находится в диапазоне 3,50–6,00. Диапазон 4,50–5,00 характеризуется наибольшей повторяемостью значений рассматриваемого параметра. Распределение $1/m$ близко к нормальному с математическим ожиданием 4,75 и средним квадратическим отклонением примерно равным единице. При таких характеристиках распределения ошибки определения рассматриваемого параметра по его математическому ожиданию с вероятностью 66 % не выйдет за пределы ± 20 %, с вероятностью 77 % - за пределы ± 25 % и с вероятностью 90 % - за пределы ± 35 %.

Следует отметить, что в указанные оценки распределения параметра $1/m$ заложены ошибки измерения скоростей течения и несоответствия уклонов скоростному режиму потока в гидрометрических створах. Поэтому фактические значения ошибок расчета параметра $1/m$ будут значительно меньше. По-видимому, следует полагать, что они не будут выходить примерно в 70 % случаев за пределы ± 20 %, в 80 % случаев - за пределы ± 25 % и в 95 % случаев - за пределы $\pm 30 - 35$ %. Это указывает на то, что значения параметра $1/m$ в большинстве случаев может быть принято постоянным и равным его математическому ожиданию. Необходимо отметить, что полученная величина математического ожидания параметра $1/m = 4,75$ ($m \approx 2,10$) практически совпадает при $H = 1$ м значением полученным В.Ф. Талмазой для горных рек Киргизии [25].

Дальнейшее повышение точности расчета скорости движения полугорных и горных потоков может быть достигнуто путем классификации коэффициента шероховатости m . Первые попытки классификации рек по величине указанного коэффициента в формуле вида (6) была предпринята С. Герасимовым (Георгиевым) для полугорных и горных потоков бассейна р. Марицы в Болгарии [3, 4] и автором для рек Средней Азии и других горных районов бывшего Союза [5, 6]. Обычно при проведении такой классификации русла рек и временных водотоков разделяются на категории в зависимости от характеристик их поверхности, характера уклона и состава (крупности) русловых отложений, а также состояния потоков. Кроме того, в качестве одного из критериев классификации указанных водотоков, по мне-

нию автора необходимо использовать сведения и признаки, характеризующие наличие или отсутствие движения донных отложений [13].

Влияние движущихся наносов на скорость водных потоков была замечена давно. Как отмечает Ф.Форхгеймер [26] уже Куттеру (1873 г.), Лаутенбергу (1876 г.), А. Шокличу (1914 г.) и И. А. Штриклеру (1923 г.) было известно, что движение наносов замедляет течение воды в руслах рек и приводит к уменьшению коэффициента C в формуле Шези. Шоклич экспериментально установил для условий движения наносов зависимость коэффициента шероховатости в формуле Базена от уклона. Штриклер показал, что водные потоки при отсутствии перемещения наносов и при их движении характеризуются двумя различными коэффициентами шероховатости с промежуточными значениями между ними. Он доказал, что построение одной формулы для случаев движения наносов и для случая его отсутствия, неправомерно. Таким образом, в работах А. Шоклича (1914 - 1926 гг.) и И. А. Штриклера (1923 г.) была впервые сформулирована гипотеза о существовании двух областей гидравлических сопротивлений при движении воды в реках. Эти гипотеза в дальнейшем получила подтверждение в исследованиях других авторов.

В соответствии с этой гипотезой первая область гидравлических сопротивлений существует при отсутствии массового влечения наносов, а вторая область повышенных сопротивлений - при насыщении потока влекомыми наносами [12, 13]. Исследования Н.И. Зудиной показали, что при переходе потока из первой области сопротивлений во вторую область наблюдается нарушение пропорциональности увеличения коэффициента Шези C с ростом средней глубины H потока [13]. При этом коэффициент C , сначала увеличивается с ростом H , а затем начинает уменьшаться, несмотря на продолжающееся увеличение средней глубины. Она высказала мысль о том, что скачкообразное изменение этой зависимости указывает на то, «что в скоростной режим потока включается новый дополнительный фактор, увеличивающий сопротивление» и этим фактором является начавшееся массовое движение наносов. Работы Н.И. Зудиной, подтвердили результаты ряда исследователей о нарушении зависимостей $C = fH$ и выводы о том, что оно обусловлено насыщением потока влекомыми наносами [12, 13].

В таблице приведена классификация полугорных и горных потоков по величине коэффициента шероховатости.

Классификация русел полугорных и горных потоков по величине
коэффициента шероховатости

Категория	Характеристика русла и состояние движения потока	<i>M</i>	<i>l/m</i>
<i>I</i>	Русла рек и периодических водотоков с хорошим состоянием ложа, создающие концентрированное движение воды на сравнительно прямолинейных участках со слабо изменяющейся формой поперечного сечения потока. Водотоки в условиях сформировавшейся и ненарушенной самоотмостки с относительно спокойным движением воды и незначительным перемещением донных отложений.	0,174	5,75
<i>II</i>	Русла рек и периодических водотоков в обычных условиях, слабо извилистые, с удовлетворительным состоянием ложа, имеющие небольшие изменения формы поперечного сечения потока по длине участка. Водотоки с бурным течением в условиях отсутствия или незначительного нарушения самоотмостки и слабого передвижения донных отложений. Турбулентные селевые потоки при движении селевой массы на относительно прямолинейных участках или в виде хорошо выраженных волн.	0,211	4,75
<i>III</i>	Русла рек и периодических водотоков, сильно загроможденные валунами и грядями гальки в результате срыва самоотмостки и перемещения русловых отложений, характеризующиеся, наличием порогов, неоднородностью поперечных сечений неправильной формы; движение воды часто осуществляется как бы отдельными потоками. Водотоки и турбулентные селевые потоки с очень бурным движением воды или селевой массы на участках со значительной извилистостью.	0,267	3,75

Согласно этой классификации речные русла разделены на категории в зависимости от характеристики его поверхности (наличия выступов шероховатости), характера изменения уклона, состояния потока (спокойный или бурный), а также движения русловых отложений. При определении параметра шероховатости в первую очередь необходимо решить, не относится ли рассматриваемый участок реки к категориям I и III. Участки рек, имеющие характеристики русел менее благоприятные, чем по категории I и более благоприятные, чем по категории III следует отнести к категории II. Параметр шероховатости, соответствующий категории I по приведенной выше классификации можно назначать при расчете средней скорости течения в искусственных руслах - каналах, имеющих значительные уклоны ($i > 0,001$).

Предлагаемая классификация позволяет в значительной степени избежать субъективности при определении значений коэффициента шероховатости m . Однако для уточнения величины $1/m$ следует также использовать материалы гидрометрических измерений опорной сети исследуемого района. Для этого необходимо определить значения $1/m$ из формул (5) и (6), используя характеристики измеренных скоростей и гидравлических элементов потока на участке. Зная величины $1/m$ для участков гидростворов рассматриваемых рек можно с большей уверенностью устанавливать значение этого параметра для неисследованных участков их русел.

Приведенные в таблице значения параметра $1/m$ и коэффициента шероховатости m при использовании формулы (7) также применимы и для русел в условиях движения турбулентных селевых потоков, в том числе высокой плотности ($2200 \dots 2300 \text{ кг/м}^3$). Как известно, селевые потоки по характеру движения селевой массы делятся на турбулентные и квазиламинарные [27]. Скорости турбулентных селей значительно превышают скорости квазиламинарных селевых потоков. Характер движения селевых потоков (турбулентный или квазиламинарный) устанавливается в полевых условиях с помощью вполне определенных признаков [14]. Турбулентные селевые потоки характеризуются числами Фруда $Fr > 0,5$. Их скорости могут быть определены с помощью известных гидравлических элементов потока - средней глубины и уклона, а также коэффициента сопротивления [7, 8]. Турбулентные селевые потоки относятся ко второй и третьей категориям предлагаемой классификации. Третья категория турбулентных селевых потоков характеризуется параметром $1/m = 3,75$. Независимая проверка формулы автора (7) с указанным значением параметра $1/m$ [7]

была осуществлена учеными ЗакНИИ [19, 27]. Для этой цели ими была использованы критериальные натурные сведения о скоростях турбулентных селевых потоков, а также глубинах и уклонах на участках их движения. Эти сведения, содержащие 76 значений гидравлических параметров турбулентных селевых потоков с объемным весом селевой массы от 1030 до 2390 кг/м³ приведены в работе И.И. Херхеулидзе [27]. Для большинства указанных данных производилось определение только максимальных поверхностных скоростей течения потоков. Переход от максимальных поверхностных скоростей к средним осуществлялся с помощью коэффициента k_2 , определяемого по формуле Г. В. Железнякова и примерно равного 0,54 [11]. Следует отметить, что предложенное Г.В. Железняковым выражение для определения коэффициента k_2 можно использовать при определении скоростного коэффициента Шези для полугорных и горных потоков по формулам (2), (3) и (4).

Результаты использования этих материалов для проверки формулы автора (7) показали, что она наряду с некоторыми другими формулами ЗакНИИ характеризуется наивысшими оценками коэффициента корреляции наблюдаемых и рассчитанных значений средней скорости турбулентных селевых потоков. Эта формула при $l/m = 3,75$ [7] также была использована для расчета средней скорости исключительно катастрофического селевого потока, прошедшего в верховьях реки Санта (Перу) и вызванного обрушением части карниза ледника Уаскаран 10 января 1962 г. [17]. Средняя скорость этого селя, при его средней глубине (90 м) и уклоне (0,30) составляла около 27,8 м/с. По расчету с помощью указанной формулы его скорость получилась равной 29,1 м/с. Это очень хороший результат, учитывая, что гидравлические параметры этого селевого потока не были включены в статистическую обработку при обосновании рассматриваемой формулы (7). В то же время оказалось, что рассчитанные по этой формуле значения скорости турбулентных селевых потоков в среднем оказались заниженными примерно на 10 % [19, 27]. Для устранения этого недостатка в предлагаемой классификации выделена вторая категория турбулентных селевых потоков с параметром $l/m = 4,75$. Эта категория характеризует практически предельные значения средних скоростей турбулентных селевых потоков, в частности при их движении на относительно прямолинейных участках русла или в виде волн. В последнем случае, как известно из гидрологии, движение является неустановившимся, и

скорость волны значительно превышает среднюю скорость потока при установившемся движении. Подтверждением этому для селевых потоков мы находим в работе Л. И. Гавришиной [2]. Необходимо отметить, что в случае затруднений определения категории турбулентных селевых потоков, для расчета их скорости может быть использовано среднее значение параметра $l/m = 4,25$.

На рис. 2 приведены для второй (II) и третьей (III) категории предлагаемой классификации зависимости средней скорости турбулентных селевых потоков от комплексного параметра $\sqrt{H}\sqrt{I}$.

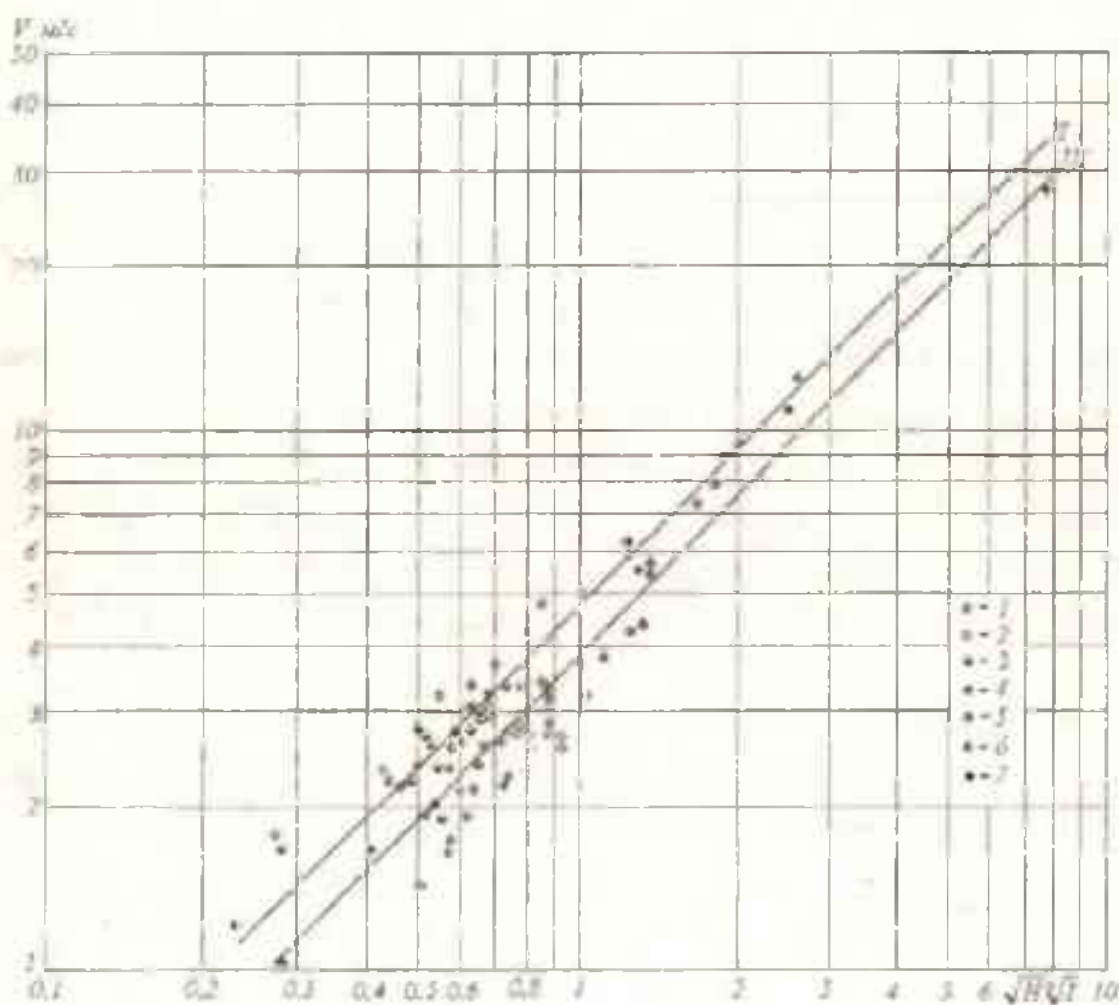


Рис. 2. Зависимость средней скорости V турбулентных селевых потоков от комплексного параметра $\sqrt{H}\sqrt{I}$ 1 - селевые потоки р. Дуруджа; 2 - Микросели на горных склонах; 3 - селевые потоки р. М. Алматинка; 4 - селевые потоки р. Кокчека; 5 - селевые эксперименты в бассейне р. Чемолган; 6 - селевые потоки рр. Гетар и Акташка; 7 - селевые потоки р. Санта (Перу).

Для ее построения использованы указанные выше 76 критериальных характеристик, дополненные данными о гидравлических элементах турбулентных селевых потоков, полученными в процессе натуральных экспериментов на Чемолганском полигоне КазНИГМИ в 1975 г. [1, 23, 28] и в 1978 г. [15, 23], а также сведениями о уже упоминавшемся исключительно катастрофическом селевом потоке гляциального гезезиса, сформировавшемся в долине р. Санта (Перу) 10 января 1962 г. [18]. Всего были использованы гидравлические характеристики 87 селевых потоков. Коэффициент корреляции этой зависимости равен $0,97 \pm 0,005$. При дальнейшем анализе из рассматриваемой совокупности были исключены значения гидравлических элементов 12 селевых потоков, характеризующихся числом Фруда $Fr < 0,4$. Они, по-видимому, относятся к переходной зоне от турбулентных к квазиламинарным селевым потокам [23, 27], характеризующимся очень низкими значениями чисел Фруда $Fr \approx 0,1$. Для оставшейся совокупности (75 значений) коэффициент корреляции рассматриваемой зависимости равен $0,98 \pm 0,005$. При значении параметра $1/m = 4,25$ математические ожидания наблюдаемых и рассчитанных значений средних скоростей турбулентных селевых потоков оказались практически одинаковыми.

Результаты исследований автора позволяют произвести сопоставление средних скоростей турбулентных водных (6) и селевых потоков (7) при одинаковых уклонах и средних глубинах, а также при наиболее вероятных (4,75 и 4,25) или одинаковых (4,75) значениях параметра шероховатости $1/m$. Расчеты по формулам (6) и (7) показали, что в первом случае для значений параметра шероховатости соответственно равных 4,75 и 4,25 при средней глубине $H < 0,5$ м скорость селевого потока оказалась больше, а при $H > 0,5$ м - меньше скорости водного потока. При $H = 0,5$ м их скорости были равными. Во втором случае для одинакового значения параметра шероховатости равного 4,75 при $H < 1$ м скорости селевого потока оказались больше, а при $H > 1$ м - меньше скорости водного потока. При $H = 1$ м их скорости были равны. Поэтому следует полагать, что при средней глубине более 0,5 + 1,0 м скорости водных потоков превышают скорости селевых потоков. Это заключение хорошо согласуется с результатами наших предыдущих исследований [7, 8] и подтверждается результатами работ других авторов [19, 27, 31]. В частности в работе [31] показано, что при использовании формулы Шези-Маннинга для расчета скорости водных и селевых потоков коэффициенты их шероховатости n в сред-

нем оказались соответственно равными 0,067 и 0,1. Следовательно, параметр шероховатости $1/m$ для водных потоков будет равен 15, а для турбулентных селевых потоков 10. Это указывает на то, что при одинаковых значениях средних глубин и уклонов скорость водных потоков примерно в 1,5 раза превышает скорость турбулентных селевых потоков.

Проведенные исследования характеристик шероховатости горных турбулентных потоков позволяют сделать следующие основные выводы.

1. Использование формул вида (5 - 7) позволяет значительно усовершенствовать классификацию русел полугорных и горных потоков и разработать более надежные способы определения коэффициента шероховатости.

2. Параметр $1/m$ в формуле (6), в основном изменяется от 3,0 до 6,5, причем 80 % его значений находится в диапазоне 3,50...6,00. Интервал 4,50...5,00 характеризуется наибольшей повторяемостью. Распределение $1/m$ близко к нормальному с математическим ожиданием 4,75 и средним квадратическим отклонением примерно равным единице. При таких характеристиках распределения ошибок определения рассматриваемого параметра по его математическому ожиданию с вероятностью 66 % не выйдет за пределы ± 20 %, с вероятностью 77 % - за пределы ± 25 % и с вероятностью 90 % - за пределы ± 35 %.

3. Исследования показали, что коэффициент шероховатости $1/m$ для турбулентных селевых потоков высокой плотности (более $1700...1800 \text{ кг/м}^3$) в основном изменяется в пределах 3,00-5,50 с математическим ожиданием 4,25.

4. Значение параметра $1/m$ в предлагаемых формулах может быть принято равным его математическому ожиданию или определено путем использования классификации русел. В предлагаемой классификации русел, водные потоки разделены на три категории, а турбулентные селевые потоки на две категории, в зависимости от значения параметра $1/m$ и коэффициента шероховатости m . В качестве одного из критериев классификации русел водных потоков по величине коэффициента шероховатости m впервые предлагается использовать сведения и признаки, характеризующие наличие или отсутствие движения наносов.

5. Предложенная классификация позволяет в значительной мере избежать субъективности при определении коэффициента шероховатости русел полугорных и горных потоков и повысить точность расчета средней скорости в условиях ограниченной информации.

6. Материалы наблюдений и расчеты показали, что при одинаковом уклоне и глубине $H \leq 1$ м скорость селевых турбулентных селевых потоков может быть равна или даже несколько больше скорости водных потоков. При глубине $H > 1$ м скорость водных потоков превышает скорость турбулентных селевых потоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов Ю.Б. Искусственное воспроизведение селевых потоков на экспериментальном полигоне в бассейне р. Чемолган // Селевые потоки – 1976. Сб. 1. - С. 3 - 7.
2. Гавришина Л.Н. Исследование кинематики селевого потока с применением кинометода // Селевые потоки . - 1980. - № 5. – С. 72 - 77.
3. Герасимов С. Проводимост на речните легна при хидрометричните станции в басейна на река Марица // Известия на института по хидрология и метеорология Българска академия на науките. - 1966. - Т. VIII. - С. 79 - 96.
4. Герасимов С. Формула за средната скорост на дотичане на водата по планински и предпланински реки // Хидрология и метеорология - 1967 - Год XVI. - Кн. 4. - С. 35 - 44.
5. Голубцов В.В. О расчете средней скорости полугорных и горных рек // Информационное письмо УГМС КазССР. - 1967. - № 7. Июль. - С. 1 - 5.
6. Голубцов В.В. О гидравлическом сопротивлении и формуле для расчета средней скорости течения горных рек // Труды КазНИГМИ. - 1969. - Вып. 33. - С. 30 - 41.
7. Голубцов В.В. О расчете средней скорости турбулентных селевых потоков // Сб. работ Алма-Атинской ГМО. - 1969. - Вып. 4 - С. 163 - 167.
8. Голубцов В.В. Гидравлические сопротивления и расчет средней скорости течения полугорных и горных потоков // Гидрометеорология и экология. - 2000. - № 3 - 4. - С. 59 - 83.
9. Евреинов В.Н. Гидравлика. - Л.- М.: Речиздат, 1947. - 740 с.
10. Желязняков Г.В. Гидравлическое обоснование методов речной гидрометрии. - М.-Л.: Изд. АН СССР. - 1950. - 164 с.
11. Желязняков Г.В. Пропускная способность русел каналов и рек. - Л.: Гидрометеиздат. - 1981. - 311 с.
12. Зудина Н.И. О виде формулы для расчета коэффициента Шези на участке рек горно-предгорной зоны // Тр. САРНИГМИ. - 1973. - Вып. 3 (84). - С. 127 - 138.

13. Зудица Н.И. О двух режимах гидравлических сопротивлений рек горно-предгорной зоне // Труды САНИГМИ. - 1970. - Вып. 54 (69). - С. 105 - 112.
14. Киренская Т. Л., Степанов Б. С., Хонин Р. В. Селевой поток в бассейне р. Большая Алмагинка 19 августа 1975 г. // Селевые потоки. - 1977. - №2. - С. 115 - 119.
15. Киренская Т.Л., Степанова Т.С., Балабаев Ф.Г. Чемолган-78 // Селевые потоки. - 1980. - № 5. - С. 64 - 71.
16. Моестков М.А. Прикладная гидромеханика. - М.Л.: Госэнергоиздат. - 1963. - 463 с.
17. Никитина Л.С. О величинах коэффициента Кориолиса и Буссинеска в открытых безнапорных потоках// Вестник МУ. География- 1972. - № 5. - С. 91 - 94.
18. Пеньяэррера дель Агила К. Лавинный поток в Ранраирка (Перу) 10.01.1962 г. Доклад на международном семинаре ООН по противопаводковым мероприятиям ГрузНИГМ Тбилиси. - 1969. - 7 с.
19. Рухадзе Н.В. К определению скоростей течения паводков и селевых потоков при проектировании селезащитных и селепропускных сооружений// Труды ЗакНИГМИ. - 1984. - Вып. 83 (90). - С. 60 - 66.
20. Сосоров М.П. О формулах для коэффициента Шези// Гидротехническое строительство. - 1960. - № 2. - С. 53 - 54.
21. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. - М.-Л.: 1972. - 312 с.
22. Срибный М.Ф. Формула средней скорости течения и их гидравлическая классификация по сопротивлению движению// Сб. Исследование и комплексное использование водных ресурсов. - 1960. - Изд. АН СССР. - С. 204 - 220.
23. Степанов Б.С., Степанова Т.С. Механика селей. - М. Гидрометеоиздат. - 1991. - 379 с.
24. Талмаза В.Ф. О коэффициентах групповой шероховатости Шези для горных рек Киргизии// Изв. АН Киргизской ССР, сер. Естественных и технических наук. - 1962. - Том IV. - Вып. 5. - С. 51 - 62.
25. Талмаза В.Ф. Об определении коэффициента шероховатости рек горно-предгорной зоны// Сб. Вопросы водного хозяйства. Киргизского НИИ водного хозяйства. - 1968. - Вып. 2 (гидротехника). - С. 63 - 68.
26. Форхгеймер Ф. Гидравлика. - М.-Л. - 1935. - Главная редакция энергетической литературы. - 615 с.

27. Херхеулидзе Н.И. Скорости течения и русловые характеристики селевых потоков// Труды ЗаКНИИ МИ. - 1972. - Вып. 40(46). - С. 134 - 180.
28. Хонин Р.В., Керемкулов В.А., Мочалов В.П. Третий эксперимент по искусственному воспроизведению грязекаменного потока// Селевые потоки. - 1977. - № 2. - С. 57 - 63.
29. Чертоусов М.Д. Гидравлика (Специальный курс). - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. - Изд. 4-е, - 630 с.
30. Шестакова Р.А. Определение расходов воды при высоких уровнях по уклону водной поверхности и коэффициенту С Шези// Труды ГГИ. - 1963. - Вып. 106. - С. 71 - 122.
31. Rickenmann D. Empirical Relationships for Debris flows. Manuscript submitted to "Natural Hazards" September. - 1998. - P. 42

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ЖАРТЫЛАЙ ТАУЛЫ ЖӘНЕ ТАУЛЫ АҒЫСТАРДЫҢ КЕДІР- БҮДЫРЛЫҚ КОЭФФИЦИЕНТІ МӨЛШЕРІ БОЙЫНША КЛАССИФИКАЦИЯСЫ

Геогр ғылымд. канд.

В.В. Голубцов

Жартылай таулы және таулы ағыстардың гидрометеорологиялық материалдар көмегімен анықталған кедір-бұдырлық коэффициенті мөлшері бойынша классификациясы жасалған. Беріліп отырған классификацияда жартылай таулы және таулы су ағыстарының арналары үш дәрежеге, ал тұрбулентті сел ағыстарының арналары екі дәрежеге бөлінген. Ұсынылып отырған классификация едәуір жағдайларда жартылай таулы және таулы ағыс арналарының кедір-бұдырлығы коэффициентін анықтау кезінде субъективтіліктен сақтануға және шектеулі ақпарат жағдайында олардың орташа жылдамдығын есептеуге мүмкіндік береді.

УДК 504.4.062.2.(574)

**УТОЧНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
БАСЕЙНА ОЗЕРА БАЛХАШ**

Айс. Турсунова
Канд. техн. наук М.Х. Сарсенбаев

Уточняются возобновляемые водные ресурсы бассейна оз. Балхаш, с учетом стока в зоне формирования р. Или на территории Китая. Рассматривается современное состояние гидрологической изученности территории, рассчитываются основные гидрологические характеристики стока с восстановлением естественного стока по основным рекам района. Суммарные водные ресурсы оценены в 23,64 км³.

Или-Балхашский бассейн является одним из самых густонаселенных районов Республики Казахстан. Свообразные климатические условия, плодородные земли, обеспеченные стоком горных рек, позволили развить здесь орошаемое земледелие и скотоводство, получил развитие и промышленный комплекс.

В последние годы резко обострился "китайский фактор" Или-Балхашской проблемы. Большая часть речного стока бассейна (60%) приходится на территорию нашего южного соседа. КНР не подписал Хельсинскую Конвенцию ООН по трансграничным рекам, а первые действия после недавно начавшихся китайско-казахстанских переговоров еще не решают всех вопросов вододеления, которые всегда стояли перед соседними государствами. В создавшейся ситуации возрастает роль детальных научных аргументаций, в том числе и учета возобновляемых водных ресурсов Или-Балхашского бассейна.

Существующие оценки возобновляемых водных ресурсов были выполнены на базе многолетних гидрологических рядов, которые заканчивались 1980-85 гг. Теперь ряды эти "удлинились" на 15 - 20 лет, по многим рекам - почти в два раза, что требует новой оценки и более точных расчетов.

В современных условиях сокращения гидрометрической сети процесс расчетов водных ресурсов осложняется отсутствием длительных непрерывных рядов наблюдений за стоком. Поэтому в задачу настоящих ис-

следований положено изучение современного состояния о количестве гидрологических постов и качестве наблюдений на них, т.е. изученности территории бассейна. Естественный сток большинства рек зоны формирования испытывает искажение водозаборами, которые необходимо учитывать при расчетах возобновляемых водных ресурсов. По многим постам в замыкающих створах рек отсутствуют в последнее время наблюдения, поэтому одной из задач является восстановление стока за отсутствующие годы.

Целью данного исследования является уточнение основных гидрологических характеристик стока по замыкающим створам, чтобы уточнить водные ресурсы в зоне формирования. Оценка возобновляемых водных ресурсов Или-Балхашского бассейна, в ранее выполненных исследованиях, производилась без учета стока по р. Или в зоне его формирования, так как отсутствовали данные измерений по территории Китая. Сток р. Или по имеющимся постам на казахстанской границе учитывает сток зоны рассеивания, так как в Китае идет интенсивное использование части стока на орошение. В настоящих расчетах предполагается уточнить водные ресурсы с учетом стока в зоне формирования р. Или на территории Китая (рис.).

Изучением стока рек до недавнего времени занимались различные организации: Казгидромет, Министерство мелиорации и водного хозяйства, Алматинская гидрогеологическая станция, различные проектные и научно-исследовательские организации. Сегодня многие из них расформированы, не действуют ведомственные посты. Более или менее качественные наблюдения проводятся на гидрологических постах Казгидромета. На 1994 г. в Или-Балхашском бассейне действовало 74 гидрологических поста, в основном все они принадлежат Казгидромету, из них 7 закрыты в 1994 г. [3,10]. В связи с новыми экономическими отношениями за последние годы с 1995 г. и по сегодняшний день ежегодные материалы наблюдений публикуются в единичных экземплярах и стали недоступны для свободного пользования. На рисунке приведена схема расположения гидрологических постов, действовавших на 1994 г. По сообщениям Казгидромета о состоянии гидрометрической сети на 2000 г. действует 11 постов на реках впадающих в оз. Балхаш, около 10 закрыты в последние годы (1995-1998 гг.), однако открыт гидрологический пост на р. Или - пристань Дубуль (01.06.2000 г.), расположенный на границе с Китаем.

Имеются также некоторые данные о количестве гидропостов и водозаборах из рек, зона формирования которых расположена на территории Китая, которые были получены в ходе служебных командировок Ж.Д. Дос

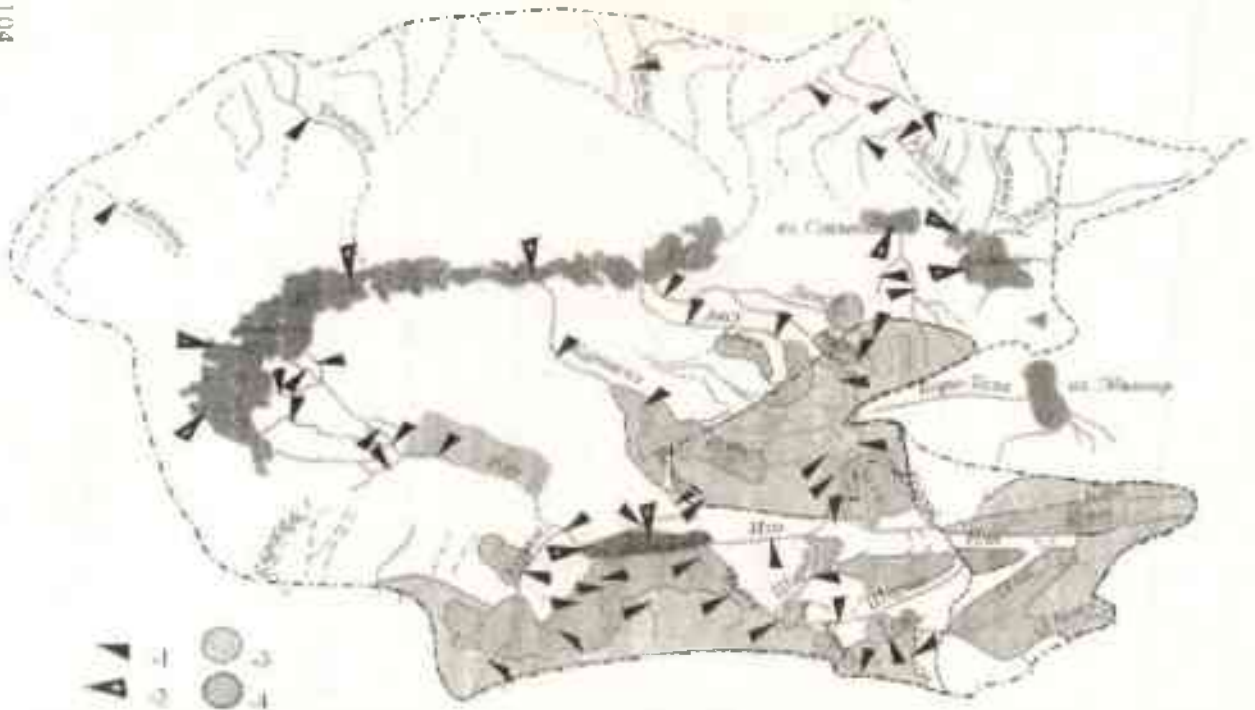


Рис. Схема гидрографической сети бассейна оз. Бихани, зоны формирования и хозяйственного потребления стока:
 1 - гидрологические посты на реках; 2 - гидрологические посты на озерах, водохранилищах; 3 - зона формирования стока, 4- зона потребления стока.

тая и были предоставлены авторам. На р. Или осуществляется учет стока по 1 гидропосту (г/п Ямаду); р. Каш - 2, р. Кунес - 2, р. Текес - 3 гидропоста. На р. Текес имеется 6 водозаборов, 10 каналов, 1 ТЭС; р. Кунес - 4 водозабора, 6 каналов, 2 ГЭС; р. Каш - 3 ГЭС.

Всего в зоне формирования насчитывается 250 гидропостов (действующих и закрытых). На большинстве рек имеются посты в замыкающих створах, что позволяет достаточно достоверно определить водные ресурсы зоны формирования. В Заилийском Алатау таких постов 45 (25 действовало на 1994 г.), в Жонгарском Алатау 20 существовало до 1994 г. [3, 10]. Замыкающие створы на остальных реках были приняты в соответствии с гидрологической изученностью территории и наличия длительных непрерывных рядов наблюдений за стоком воды, а также в соответствии с ранее проводимыми исследованиями и рекомендациями [1, 2, 4, 5, 6, 8, 12, 13]. По мелким водотокам бассейна в зоне формирования стока были выбраны за замыкающие створы порой единственные посты наблюдений, по многим из них данные отрывочные и плохого качества. По этой причине из 62 гидрологических постов, действовавших на 1994 г. в зоне формирования стока, были использованы только 38 пунктов наблюдений.

Естественный сток большинства рек района искажен заборам воды. Определение естественного стока рек в гидростворах выше которых расположены водозаборы, является весьма сложной задачей, так как имеющиеся данные ненадежны, а по некоторым постам - полное отсутствие сведений о них. В работе использованы данные по состоянию использования стока рек на 1987 г. ввиду отсутствия современной информации. Тем не менее, величина водозаборов учитывалась при расчете норм и естественный сток восстановлен по постам, по которым имеются данные. Величина водозаборов, в основном, не превышает 10% от годового стока.

Исходные короткие ряды наблюдений удлинялись в соответствии с требованиями СНиПА 2.01.14 - 83. По рекам-аналогам восстановлен сток по постам. Коэффициенты корреляции r находились в пределах от 0,7 до 0,98. По многим рекам не удалось удлинить ряды, так как восстановленные величины составляют до 80 %, сложен выбор реки-аналог, низкие коэффициенты корреляции $r < 0,7$.

Рассчитаны параметры распределения годового стока: норма стока, коэффициенты вариации и асимметрии C_v и C_s . Расчет производился за период наблюдений (включая восстановленный) до 1994 г. Расчетный период был выбран исходя из имеющихся наблюдений и фаз водности с 1933 по

1994 гг.. Ошибка вычисления нормы стока колеблется в пределах 2 ... 7 %, т.е. до 10 %, а C_v - 14 ... 17 %. Величина коэффициентов вариации и асимметрии рассчитывалась по методу моментов без учета на смещенность [7, 9, 11]. Отношения C_v/C_s колеблются в пределах 1 ... 6, в основном это отношение находится в пределах от 2 до 4. Для некоторых пунктов, по которым отношение $C_v/C_s > 4$ рассчитывался коэффициент автокорреляции годового стока смежных лет, который колеблется от 0,20 до 0,23. Эти значения практически не влияют на точность расчета параметров и их можно не учитывать, т.е. поправка на смещение C_v не вводится и считается $C_v \approx \bar{C}_v$ [11]. Сопоставление полученных параметров распределения годового стока с приведенными в других источниках (табл. 1) показало близкие результаты, только для некоторых случаев различие существенно.

Возобновляемые водные ресурсы Или-Балхашского бассейна в «Ресурсах поверхностных вод СССР» оценены в 28,5 км³ (средний год), включая сток р. Или. Без учета транзитного стока величина снижается до 16,8 км³ [10], в отчете ГИ приводится меньшая цифра - 11,2 км³ [4]. На долю Жонгарского Алатау приходится 6,45 км³, а Заилийского Алатау и хр. Кетмень - 4,82 км³. При этом сток с межбассейновых участков принят в соответствии с [4]. Из этого же источника использована величина стока второстепенных рек Южного склона Жонгарского хребта.

Расчет водных ресурсов для лет с различной обеспеченностью произведен следующим образом. В начале за каждый год периода 1933 - 1994 гг. получен суммарный сток основных рек в замыкающих створах стокоформирующей части бассейна. Для Жонгарского Алатау их 7: Лепсы, Баскан, Сарканд, Аксу, Коксу, Карой, Чиже. Их суммарный сток составляет 69 % всех водных ресурсов Жонгарского Алатау (145,1 м³/с). Коэффициент вариации объединенного ряда 0,21, соотношение $C_v/C_s = 3$. Для Заилийского Алатау и хр. Кетмень для этой цели использовано 8 рек: Шарын, Шилик, Турген, Есик, Талгар, Мал. Алматинка, Бол. Алматинка, Каскелен. Их суммарный сток (102,6 м³/с) составляет 71 % ресурсов северного склона Заилийского Алатау. Коэффициент вариации ряда $C_v = 0,12$, соотношение $C_v/C_s = 5,8$. Значительно большая вариация стока в горах Жонгарского Алатау понятна, - многолетние колебания стока здесь лучше согласуются по территории, чем в Заилийском Алатау. Поэтому в меньшей мере сказывается взаимная компенсация положительных и отрицательных отклонений от нормы в различных бассейнах.

Таблица 1

Сопоставление рассчитанных параметров разностных интегральных кривых годового стока, (m^3/c) с приводимыми в различных источниках

Река - пункт	Норма стока				C_0				C_1/C_0			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
р. Делсы - с. Антоповка	25,7	27,7	27,5	28,1	0,24	0,24	0,23	0,24	2	2	1	1,6
р. Баскан - с. Новопокровка	10,4	10,9	10,7	11,0	0,17	0,19	0,18	0,18	2	3	2,5	2,8
р. Сарканд - г. Сарканд	6,54	6,66	6,78	6,94	0,17	0,17	0,17	0,18	2	3	2,5	1,9
р. Аксу - п. Джансугурово	11,8	11,8	11,5	11,49	0,20	0,22	0,21	0,27	2	3	5	4,4
р. Коксу - клх. им. Ленина	58,4	57,0	58,8	60,49	0,24	0,25	0,26	0,27	2	2	3,5	4,13
р. Карой - с. Текели	13,1	12,6	12,6	13,69	0,17	0,16	0,16	0,27	2	2,2	3	1,7
р. Шиже - с. Текели	11,6	11,4	12,0	13,41	0,31	0,32	0,30	0,30	2	2	1	2,5
р. Шарын - ур. Сарытогай	35,4	36,8	35,8	36,6	0,21	0,21	0,20	0,20	2	2	3	2,5
р. Шилак - с. Малыбай	32,2	31,9	32,3	32,9	0,11	0,09	0,09	0,11	2	2,5	1	1,7
р. Тургень - с. Таутургень	7,13	7,00	7,03	7,06	0,15	0,16	0,14	0,15	2	2	4	3,77
р. Есик - г. Есик	4,98	5,02	5,49	4,83	0,14	0,16	0,25	0,17	2	2	1	1,76
р. Талгар - г. Талгар	10,4	10,3	10,2	10,3	0,14	0,13	0,13	0,13	2	2,5	4	2,71
р. Мал. Алматинка - г. Алматы	2,42	2,26	2,19	2,06	0,20	0,19	0,18	0,22	2	3,2	1	1,09
р. Бол. Алматинка - суммарн.	5,30	4,90	4,84	4,69	0,18	0,15	0,17	0,17	2	2	5	1,57
р. Каскелен - г. Каскелен	4,00	4,26	4,22	4,16	0,15	0,17	0,18	0,17	2	2	2	1,56
р. Текели - г. Текели	2,45	1,86	1,83	2,63	-	0,38	0,42	0,50	-	2	1	1,7
р. Каратал - с. Каратальское	25,3	25,9	26,4	31,03	0,25	0,27	0,26	0,42	2	2	3	4
р. Коктал - с. Аралтобе	8,46	8,2	8,43	9,52	0,22	0,24	0,24	0,25	2	2	3	3,2
р. Биже - с. Красногоровка	2,20	2,73	2,50	2,81	0,36	0,33	0,36	0,38	2	3	6	5,2
р. Усек - 1,7 км выше устья р. М. Усек	11,4	11,5	11,3	10,04	0,17	0,16	0,15	0,33	2	2	1	0,45
р. М. Усек - 0,2 км выше устья	6,16	5,98	5,99	6,18	0,18	0,17	0,17	0,17	2	2,5	4	3,8

Окончание табл. 1

Река - пункт	Норма стока				C _v				C ₁ /C ₀			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
р. Борохудар - с. Кийтын	2,3	2,17	2,18	2,27	0,30	0,29	0,30	0,27	2	3	5	1,64
р. Баянкол - с. Баянкол	11,5	-	10,5	11,01	-	-	0,22	0,23	-	-	1	1,4
р. Нарынкол - с. Нарынкол	1,14	-	1,66	1,80	-	-	0,18	0,19	-	-	2	2,6
р. Текес - с. Текес	9,2	-	8,48	8,52	-	-	0,22	0,21	-	-	1,5	1,6
р. Каркара - у выхода из гор	15,0	-	11,3	14,24	-	-	0,20	0,20	-	-	2	1,8
р. Асы - с. Асыгача	3,01	2,05	2,07	2,06	-	0,27	0,22	0,23	-	2	2	3,37
р. Каратурук - раз. Каратурук	-	0,80	0,78	0,94	-	0,46	0,40	0,48	-	1,5	3	2,6
р. Бельгаблар - с. Бахтиярка	-	0,48	0,49	0,64	-	0,23	0,36	0,37	-	9	1	5,4
р. Бахтияр - с. Бахтиярка	-	0,18	0,21	0,28	-	0,411	0,46	0,48	-	2	4	3,8
р. Галдыбулак - с. Талдыбулак	-	0,14	0,13	0,15	-	0,29	0,30	0,29	-	3	1	2,7
р. Терсбутаг - устье	0,46	0,42	0,41	0,52	0,26	0,28	0,26	0,27	2	2	0,5	1,3
р. Шемолган - с. Шемолган	-	1,35	1,3	1,28	-	0,20	0,20	0,21	-	2,5	3	0,12
р. Узункаргалы - п. Фабричный	3,84	3,57	3,44	4,05	0,19	0,18	0,17	0,18	2	2	1	2,3
р. Или - 164 км от Канш. ГЭС	-	-	-	443,64	-	-	-	0,17	-	-	-	3,4
р. Или - ур. Капшагай	-	-	-	438,25	-	-	-	0,19	-	-	-	2,4
р. Или - ур. Кайерган	-	395	-	393,82	-	0,19	-	0,19	-	2	-	2,8
р. Или - г/п Ямаду	-	-	-	363,16	-	-	-	0,18	-	-	-	3,1

Примечание: 1-[4], 2-[10], 3-[8], 4 – рассчитанные в данной работе.

Суммарный сток всех 15 рек даст 70% водных ресурсов всего региона ($247 \text{ м}^3/\text{с}$). Коэффициент вариации объединенного ряда $C_v = 0,17$; соотношение $C/C_v = 2,9$. Заметим, что сумма равно-обеспеченных расходов воды 15 рек заметно отличается от величины их соответствующей обеспеченности снятой, с кривой суммарного расхода, и маловодные годы обеспеченностью 75 и 95%. Параметры кривых, характеризующих распределение суммарных расходов основных рек района, использованы для расчета водных ресурсов района в целом за различные по водности годы.

43% всех водных ресурсов (не считая р. Или) формируется в районе Заилийского Алатау и 57% - Жонгарского Алатау. В год 75% обеспеченности водные ресурсы всего бассейна составляют около $9,34 \text{ км}^3$ и несколько превосходят сумму равно-обеспеченного стока в Заилийском Алатау.

Водные ресурсы северного склона хр. Кетмень и Шу-Илийских гор из-за отсутствия или ненадежности гидрометрических данных оценивались ориентировочно и приняты по данным, приводимым в [4]. Суммарный годовой сток равен $3,30 \text{ м}^3/\text{с}$ или $0,1 \text{ км}^3/\text{год}$.

В Северном Прибалхашье формируется сток р. Аягуз ($0,57 \text{ км}^3/\text{год}$), рек Баканас, Токрауын и другие ($0,3 \text{ км}^3/\text{год}$), который также как и сток с межбассейновых участков принимался в соответствии с [4].

Суммарные водные ресурсы без учета стока по р. Или оказался равен $11,3 \text{ км}^3/\text{год}$, эти данные близки с [8] - $11,2 \text{ км}^3/\text{год}$. Можно предположить, что идет небольшое увеличение, но оно незначительное и составляет всего 0,01%, т.е. величина стока практически не изменилась.

Если учитывать сток рек Северного Прибалхашья и Шу-Илийских гор суммарные возобновляемые водные ресурсы Или-Балхашского бассейна с учетом стока по р. Или (ур. Кайерган) равен $24,64 \text{ км}^3/\text{год}$ ($28,5$ по [10]; $24,5$ по [4], $24,2$ по [8]), в сравнении с [8] увеличение на 1,8%.

Кроме того следует отметить, что сток р. Или, оцененный в пределах Казахстана, не может быть отнесен к зоне формирования Или-Балхашского бассейна, так как за границей часть территории бассейна относится к зоне рассеивания, в пределах которой сток ее частично используется на орошение. Так, полученные сведения о стоке составляют: по постам р. Или - ур. Кайерган - $12,4 \text{ км}^3/\text{год}$, а по пункту р. Или - г/п Ямаду величина стока равна $11,4 \text{ км}^3/\text{год}$, т.е. в зоне рассеивания по настоящим расчетам потери оцениваются в $1 \text{ км}^3/\text{год}$.

Сведения о рассчитанных возобновляемых водных ресурсах Или-Балхашского бассейна с учетом стока с рек Северного Прибалхашья, р. Аягуз и Шу-Илийских гор помещены в таблицу 2.

Таблица 2

Возобновляемые водные ресурсы Или-Балхашского бассейна, км³

Район	Объем стока, км ³
Заилийский Алатау	4,82
Жонгарский Алатау	6,45
Шу-Илийские горы	0,10
Реки Северного Прибалхашья	0,30
р. Аягуз	0,57
р. Или (Китай)	11,40
Суммарные водные ресурсы без учета р. Или	12,24
Суммарные водные ресурсы с учетом р. Или (Китай)	23,64

Получение информации о стоке воды на территории Китая (г/п Ямаду) позволило точнее оценить возобновляемые водные ресурсы Или-Балхашского бассейна с учетом стока р. Или, которые составляют 23,64 км³/год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин Р.И., Давлетгалиев С.К. Водные ресурсы предгорной равнины северного склона Заилийского Алатау. // Географические проблемы Или-Балхашского бассейна - Алматы: Гылым, 1993. - С. 42 - 54.
2. Гальперин Р.И., Давлетгалиев С.К. Водные ресурсы бассейна озера Балхаш в зоне формирования стока. // Природные ресурсы Или-Балхашского региона- Алма-Ата: Наука КазССР, 1990. - С. 57- 67.
3. Гидрологический ежегодник. Алматы: РГП Казгидромет, 1994.- Т.5., вып. 5 - 8. - 447 с.
4. Гидрологические и водохозяйственные аспекты Или-Балхашской проблемы, под ред. А.А. Соколова, Л., Гидрометеонздат, 1989. -310 с.
5. Достоев Ж.Д. Водные ресурсы предгорной равнины северного склона Заилийского Алатау //Геогр. проблемы Или-Балхашского бассейна - Алматы: Гылым, 1993. -С.42-54.
6. Достай Ж.Д. Научные основы управления гидроэкологическим состоянием бессточных бассейнов Центральной Азии (на примере озера Балхаш). // Дис. на соискание уч. степени докт. геогр. наук. - Алматы, МОН РК ИГ, - 1999. - 306с.

7. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 247 с.
8. Отчет КазГУ «Провести уточнение и дать оценку ресурсов поверхностных вод Или-Балхашского бассейна в зоне формирования стока с определением основных гидрологических характеристик в замыкающих створах» (под рук. С.К. Давлетгалиева). Алматы, 1986. с.
9. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 448 с.
10. Ресурсы поверхностных вод СССР, т.13, вып.2. - Л.: Гидрометеиздат, 1967, 1970, 1980.
11. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 415 с.
12. Соседов И.С. Методика территориальных водно-балансовых обобщений в горах. - Алма-Ата:Наука КазССР, 1976. - 154с.
13. Соседов И.С. и др. Водный баланс и водные ресурсы северного склона Жонгарского Алатау - Алма-Ата: Наука КазССР, 1984. -152 с.

Институт географии МОН РК

Казахский государственный национальный университет им. аль-Фараби

БАЛҚАШ КӨЛІ АЛАБЫНЫҢ ЖАҢҒЫРАТЫҢ СУ РЕСУРСТАРЫН ДӘЛДЕУ

Айс. Турсунова

Техн. ғылымдарының канд. М.Х. Сарсенбаев

Мақалада Іле өзенінің Қытай аймағындағы ағынды қалыптасу зонасын ескере отырып, Балхаш көлі алабының жаңғыраатын су ресурстары дәлденеді. Аумақтың гидрологиялық зерттеуінің қазіргі жағдайы қаралады, ауданның негізгі өзендерінің табиғи ағындысын қалпына келтіре отырып ағындының негізгі гидрологиялық сипаттамалары есептеледі.

УДК 574.504.064.504.53.574

КОНЦЕПЦИЯ ЕДИНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

	С.К. Базарбаев
Канд. геогр. наук	М.Ж. Бурлибаев
	А.С. Коспанов
Канд. геол.-мин. наук	Е.Ж. Муртазин

Создана концепция единой государственной системы мониторинга окружающей среды и природных ресурсов. Описаны возможные пути ее практической реализации.

В современных условиях в силу разобщенности мониторинга в системах различных ведомств на невысоком уровне находится достоверность оценок происходящих изменений окружающей среды. Функционирующие в республике ведомственные системы мониторинга не обеспечивают единого системного подхода, анализа и синтеза информации о состоянии окружающей среды и природных ресурсов. Слабая координация мониторинга во времени (отсутствие синхронности регулярных и контрольных наблюдений) и пространстве (размещение и количество наблюдательных пунктов), отсутствие единых методических подходов к проведению химико-аналитических исследований, использование ведомственными лабораториями различных нормативных документов приводит к получению трудно сопоставимых между собой результатов, что значительно затрудняет проведение объективных оценок состояния окружающей среды и степени воздействия антропогенных факторов. В настоящее время, когда функции организации и ведения мониторинга окружающей среды и природных ресурсов почти полностью сосредоточены в одном министерстве, появляется возможность его упорядочения с учетом интересов отдельных ведомств, избегая при этом узколокальных задач.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая Концепция Единой государственной системы мониторинга окружающей среды и природных ресурсов разработана на основании Закона Республики Казахстан «Об охране окружающей среды» от

15 июля 1997 года. Концепции экологической безопасности, утвержденной Распоряжением Президента Республики Казахстан от 30 апреля 1996 года № 2967, долгосрочной Программы развития Республики Казахстан «Стратегия 2030» и Положения о Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Единая государственная система мониторинга окружающей среды и природных ресурсов (далее – ЕГСМ ОС и ПР) является одной из форм государственного регулирования в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Ведение ЕГСМ ОС и ПР осуществляется специально уполномоченными государственными органами на основе территориально-ведомственного принципа построения этой многофункциональной системы и предусматривает максимальное использование возможностей уже существующих государственных и ведомственных систем мониторинга состояния окружающей среды, антропогенных воздействий, состояний биоты и экосистем, среды обитания человека.

Функционирование ЕГСМ ОС и ПР должно происходить на основе единого организационного, методологического и метрологического подхода к созданию механизма взаимодействия ведомственных систем и служб друг с другом, без разрушения сложившихся административно-ведомственных структур.

ЕГСМ ОС и ПР включается в действующие международные программы глобального мониторинга с участием Республики Казахстан.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЕГСМ ОС И ПР

Основными принципами, на которых должны базироваться организация и функционирование ЕГСМ ОС и ПР, включают:

- системность исследований, то есть тесную взаимосвязь таких блоков мониторинга как наблюдения, оценка и прогноз, так как функционирование и развитие их взаимообусловлено (без наблюдений невозможны оценка и прогноз, методы оценки и прогноза определяют построение сети и регламент наблюдений);

- “преемственность”, то есть необходимость в максимальной степени использовать исторически сложившиеся системы наблюдений за состоянием окружающей среды, а при обосновании и разработке систем мониторинга использовать всю сумму знаний, полученных при исследованиях природных и техногенных объектов;

- комплексность мониторинговых исследований, как на уровне разработки и реализации программ наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды, так и на уровне организации и выполнения отдельных работ и их элементов;

- достоверность и сопоставимость получаемой информации о состоянии окружающей среды и природных ресурсов, основанные на применении единой системы координат и высот, единиц измерения, комплекса интегральных показателей, классификаторов, стандартных форматов данных;

- единое информационное пространство на базе создания единой автоматизированной информационной системы мониторинга, программные средства которой должны позволять осуществлять накопление, обработку и хранение информации на единой методической основе, обеспечивать обмен информацией между различными уровнями, а также банками данных других природных сред в стандартизированном виде;

- открытость и динамичный характер систем мониторинга, предусматривающие возможность вовлечения в свою сферу новых пользователей, новых территорий, источников воздействия и загрязнения, расширения видов наблюдений, а также круга задач, решаемых при оценке и прогнозе состояния природной среды;

- единство нормативно-правовой, методической и технической базы, метрологического обеспечения осуществления мониторинга.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ЕГСМ ОС И ПР

Основными целями ЕГСМ ОС и ПР являются:

- информационное обеспечение управленческих и хозяйственных решений в области охраны окружающей среды и разработки эффективных природоохранных мероприятий, рационального природопользования и экологической безопасности;

- своевременное оповещение государственных органов, организаций и населения о неблагоприятных и опасных природных и техногенных явлениях и процессах.

- Основные задачи ЕГСМ ОС и ПР включают:

- разработку программ ведения мониторинга на территории республики и в отдельных регионах и на конкретных объектах;

- организацию и ведение систематических наземных, воздушных и космических наблюдений за состоянием окружающей среды и природных ресурсов по регламентированным программам и составу показателей, обеспечивающих достоверность и сопоставимость данных наблюдений;

- сбор, хранение и обработку данных наблюдений;
- оценку фактического состояния окружающей среды и природопользования;
 - прогнозирование состояния природной среды или отдельных ее компонентов с точки зрения воздействия на здоровье людей, природные объекты и экосистемы, возможности использования природных ресурсов;
 - разработку рекомендаций для органов власти и управления в сфере охраны природы и оптимизации природопользования;
 - оценку эффективности мероприятий по снижению экологической напряженности объектов и территорий, их экологическому оздоровлению и рациональному использованию природных сред, объектов и ресурсов;
 - справочно-информационное обслуживание государственных органов, предприятий и населения о состоянии окружающей среды, об опасных природных процессах и явлениях, характере и особенностях природопользования;
 - подготовку информационных бюллетеней для Правительства, центральных и местных органов исполнительной власти и населения;
 - информационное обеспечение ведения государственного учета и государственного кадастра состояния отдельных природных сред, природных и природно-техногенных объектов, а также природных ресурсов и их использования, источников антропогенного воздействия;
 - выполнение научных исследований, направленных на развитие и совершенствование мониторинга и всех видов его обеспечения (организационного, методологического, метрологического, нормативно-методического, правового, программно-математического, аппаратурно-технического и пр.);
 - разработка программ международного сотрудничества в области мониторинга окружающей среды и природных ресурсов.

ОБЪЕКТЫ ЕГСМ ОС И ПР

Объектами изучения, входящими в сферу функционирования ЕГСМ ОС и ПР, являются:

- абиотические объекты ОС;
- источники антропогенного воздействия;
- природные ресурсы;
- факторы воздействия среды обитания;
- биота;
- экосистемы и геосистемы;

• отклики экосистем и здоровья населения на изменение состояния ОС.

СТРУКТУРА ЕГСМ ОС И ПР

Ведение ЕГСМ ОС и ПР осуществляется на трех уровнях:

- локальном (в пределах природно-техногенной системы, находящейся в пользовании у природопользователя, получившего лицензию на тот или иной вид деятельности);
- территориальном (в пределах административных территорий республики);
- республиканском (для территории Казахстана в целом).

На локальном уровне природопользователями осуществляется производственный мониторинг компонентов окружающей среды и природных ресурсов в пределах отведенных им объектов природопользования по утвержденным уполномоченными органами программам.

На территориальном уровне ведение мониторинга осуществляется территориальными подразделениями центральных исполнительных органов с учетом физико-географических и экономических особенностей регионов, наличия экологически нагруженных зон и комплекса природных и техногенных факторов, оказывающих влияние на состояние окружающей среды и использование природных ресурсов, для решения задач информационного обеспечения управления, отнесенных к компетенции административных исполнительных органов.

Республиканский уровень охватывает всю территорию республики, включая шельф, с выделением при необходимости крупных регионов и отдельных объектов, имеющих общегосударственное значение. Ведение мониторинга на республиканском уровне обеспечивается центральными исполнительными органами, их подведомственными организациями для решения задач информационного обеспечения управления в области охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов, экологической безопасности, отнесенных к компетенции центральных органов государственной власти.

Основой ведения ЕГСМ ОС и ПР являются сети наблюдений, включающие государственную сеть наблюдений, ведомственные сети наблюдений и наблюдательные сети местных исполнительных органов, а также частные сети наблюдений.

Государственная наблюдательная сеть подразделяется на:

- фоновую, предназначенную для изучения естественного состояния окружающей среды, как эталонного при оценке ее изменений;
- региональную, предназначенную для изучения региональных особенностей состояния окружающей среды, ее природных и природно-техногенных изменений;
- специализированную, предназначенную для детального изучения природных и природно-техногенных изменений на важных в социально-экономическом отношении объектах или районах с напряженной экологической обстановкой.

Ведомственные наблюдательные сети и наблюдательные сети местных исполнительных органов предназначены для изучения состояния окружающей среды и природных ресурсов при решении задач, отнесенных к компетенции данного ведомства и местных исполнительных органов.

Приватные наблюдательные сети создаются природопользователями в соответствии с лицензионными условиями в пределах конкретных природно-техногенных объектов или участков для выявления и изучения изменений состояния окружающей среды и природных ресурсов под влиянием деятельности данного природопользователя.

Создание и функционирование сетей наблюдений, состав, сроки и формы представления информации согласовываются с центральным исполнительным органом по охране окружающей среды и его территориальными подразделениями.

ЕДИНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Реализация целей ЕГСМ ОС и ПР осуществляется путем создания Единой государственной информационной системы мониторинга окружающей среды и природных ресурсов (далее ЕГИСМ ОС и ПР).

Функционирование ЕГИСМ ОС и ПР осуществляется на базе автоматизированных геоинформационных систем, программные средства которых должны обеспечивать накопление, обработку и хранение информации на единой методической основе, обеспечивать обмен информацией между различными уровнями, а также банками данных отдельных природных сред в стандартизированном виде.

Информационное взаимодействие между действующими государственными и ведомственными системами мониторинга состояния окружающей среды и природных ресурсов осуществляется в порядке установ-

ленном Правительством Республики Казахстан. Передача информации в рамках ЕГИСМ ОС и ПР осуществляется на безвозмездной основе.

Информационные ресурсы ЕГИСМ ОС и ПР являются официальными и используются при ведении государственных кадастров, подготовке и принятии решений в области охраны окружающей природной среды и природных ресурсов, обеспечения экологической безопасности, в том числе при оценке воздействия хозяйственной деятельности на окружающую природную среду и природные ресурсы.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЕГИСМ ОС И ПР

Государственное управление ЕГИСМ ОС и ПР осуществляется Правительством Республики Казахстан, Центральным исполнительным органом Республики по охране окружающей среды и его территориальными органами, иными центральными и местными исполнительными органами Республики Казахстан в рамках своих полномочий.

Центральный исполнительный орган Республики Казахстан в области охраны окружающей среды и природных ресурсов и его территориальные органы координируют деятельность государственных органов, организаций, предприятий по осуществлению государственного, ведомственного и производственного мониторинга.

Иные государственные органы Республики Казахстан осуществляют мониторинг окружающей среды и природных ресурсов в пределах своей компетенции.

Государственный мониторинг окружающей среды и природных ресурсов осуществляется уполномоченными государственными органами по утвержденным республиканским и региональным программам ЕГИСМ ОС и ПР.

Производственный мониторинг компонентов окружающей среды и природных ресурсов выполняется природопользователями в пределах отведенных им объектов природопользования по утвержденным уполномоченными органами программам.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЕГИСМ ОС И ПР

Для организации и создания ЕГИСМ ОС и ПР в современных условиях необходима реализация практических мероприятий по основным направлениям обеспечения функционирования ЕГИСМ ОС и ПР.

Организационное обеспечение ЕГИСМ ОС и ПР направлено на оптимизацию структуры управления, обеспечивающей минимизацию затрат

при полном и эффективном выполнении задач ЕГСМ ОС и ПР и реализуется путем выпуска и внедрения нормативных и директивных документов, регламентирующих:

- структуру ЕГСМ ОС и ПР и ее подсистем;
- цели, задачи и правила организации функционирования ЕГСМ ОС и ПР и ее подсистем;
- права, обязанности и правила взаимодействия субъектов ЕГСМ ОС и ПР.

Основной задачей правового обеспечения ЕГСМ ОС и ПР является создание правовой базы, позволяющей на всех стадиях организации и функционирования ЕГСМ ОС и ПР реализовать в полном объеме ее цели и задачи.

Правовое обеспечение предусматривает разработку и принятие в установленном порядке правовых и законодательных актов и документов, регламентирующих статус ЕГСМ ОС и ПР и устанавливающих, в частности:

- нормы антропогенного воздействия на ОС;
- ответственность физических и юридических лиц за загрязнение и ухудшение состояния ОС, нарушение норм и правил использования природных ресурсов и обеспечения экологической безопасности;
- права и обязанности субъектов ЕГСМ ОС и ПР при организации наблюдений за состоянием ОС, их права по отношению к физическим и юридическим лицам, загрязняющим ОС и негативно воздействующим на нее в процессе хозяйственной и иной деятельности;
- взаимные права и обязанности субъектов ЕГСМ ОС и ПР и ее абонентов при обмене и использовании информации, получаемой в процессе экологического мониторинга;
- права и обязанности законодательных и исполнительных органов государственного и местного управления, общественных организаций, при организации и осуществлении экологического мониторинга.

Нормативное обеспечение предусматривает разработку и установление нормативов, определяющих состояние ОС, норм антропогенного воздействия на нее, норм экологической безопасности, которые являются основой для выполнения работ по оценке и прогнозированию состояния ОС, выработке и принятию управленческих решений в природоохранной деятельности.

В функции нормативного обеспечения также входит создание и внедрение пакетов нормативных документов, регламентирующих требо-

вания, правила и процедуры, принятые при создании ЕГСМ ОС и ПР, организации функционирования ЕГСМ ОС и ПР, ее функциональных блоков, структурных подразделений и элементов. Программы создания пакетов нормативных документов должны отвечать структуре нормативной документации, принятой в ЕГСМ ОС и ПР.

Методологическое обеспечение направлено на создание научной базы, гарантирующей полноту и корректность выполнения задач, стоящих перед ЕГСМ ОС и ПР. Оно должно решать проблемы комплексирования работ, определять возможность и границы применения методов, средств, алгоритмов и программ, используемых для наблюдения, оценки, прогноза состояния ОС и разработки вариантов управленческих решений, направленных на его сохранение или улучшение. Методологическое обеспечение реализуется путем организации и проведения научных исследований, формирующих принципы и правила выполнения конкретных работ.

Методическое обеспечение предназначено для создания методической базы, необходимой и достаточной для функционирования ЕГСМ ОС и ПР. Его основной задачей является организация разработки и внедрения методических документов, позволяющих получить сопоставимые результаты наблюдений, оценок и прогнозов вне зависимости от места и времени их выполнения. Методическое обеспечение ЕГСМ ОС и ПР должно быть основано на пакете обязательных требований, определяющих процедуры и правила организации и осуществления мониторинговых исследований, и гармонизировано с методическими и нормативными документами, используемыми в природоохранной деятельности (например, работы по ОВОС, оценке экологического ущерба, снижению выбросов загрязняющих веществ в ОС и пр.).

Информационное обеспечение осуществляется на основе единых правил обмена информацией, единых протоколов обмена информацией, унификации систем и средств телекоммуникационного взаимодействия. При организации обмена отрабатываются протоколы обмена, единые форматы сообщений, единая шкала приоритетов и унифицированное программно-математическое обеспечение, а также требования к техническим средствам, обеспечивающим сопряжение баз данных и информационных центров. Информационное обеспечение предусматривает разработку структур информационных систем, систем баз данных, классификаторов, словарей данных и унифицированных форм входных и выходных документов. Обмен информацией должен предусматривать применение единой методологии сбора и обработки данных, а также применение унифи-

цированных технических, аппаратных и программных средств обмена на всех уровнях.

Программно-математическое обеспечение включает в себя совокупность алгоритмов, необходимых для реализации целей и задач ЕГСМ ОС и ПР, решаемых используемым комплексом технических средств. Оно должно проектироваться как распределенная система обработки данных, имеющая комплексы моделей оценки и прогнозирования состояния ОС, моделей миграции и трансформации загрязняющих веществ, измерительных моделей, моделей определения источников загрязнения и других моделей, необходимость которых определяется задачами ЕГСМ ОС и ПР. Программно-математическое обеспечение реализует в автоматизированном и автоматическом режимах решение таких задач, как оценка, диагностика, категорирование и прогнозирование текущего состояния ОПС; ведение распределенных баз данных; моделирование аварийных ситуаций и их возможных последствий; выработка рекомендаций для принятия оперативных решений. Программно-математическое обеспечение должно быть открытым и обеспечивать включение в него вновь разрабатываемых прикладных программных средств.

Аппаратурно-техническое обеспечение, формируемое по блочно-модульному принципу на базе унифицированных информационно-измерительных и информационно-вычислительных систем, а также систем телекоммуникаций, включает в себя информационно-измерительные системы, необходимые для решения задач ЕГСМ ОС и ПР (в нормальных и чрезвычайных условиях); передвижные и мобильные комплексы для оперативного выявления экологической обстановки, обследования территорий и акваторий; передвижные, мобильные и стационарные лаборатории для анализа различных видов загрязнения объектов ОС; аэрокосмические средства для проведения крупномасштабных съемок местности, слежения за переносом загрязненных воздушных масс и ландшафтными изменениями; комплексы пробоотборной и измерительной аппаратуры; комплексы для сбора, обработки и передачи информации; системы телекоммуникаций обеспечивающие оперативную передачу данных. Аппаратурно-техническое обеспечение технически реализует функции ЕГСМ ОС и ПР по наблюдению, сбору, обработке, передаче и отображению информации о состоянии ОС и факторах воздействия на нее.

Метрологическое обеспечение осуществляется в тесном сотрудничестве с метрологическими подразделениями Госстандарта Республики

Казахстан и ориентировано на максимальное использование его базы. Работы по метрологическому обеспечению предусматривают:

- разработку нормативных документов, регламентирующих общий порядок и правила, обеспечивающие единство измерений и сопоставимость результатов при наблюдениях, оценке и прогнозе состояния ОС и ПР;
- организацию метрологического обеспечения наблюдений,
- метрологическую экспертизу нормативных и методических документов и программ, обеспечивающих мониторинг ОС и ПР;
- организацию аттестации и аккредитации аналитических лабораторий и других подразделений, обеспечивающих ведение мониторинга ОС и ПР;
- контроль метрологического обеспечения мониторинга ОС и ПР в подразделениях, его осуществляющих;
- сбор и хранение информации по метрологическому обеспечению мониторинга ОС и ПР.

Особое внимание при организации и реализации метрологического обеспечения функционирования ЕГСМ ОС И ПР необходимо обратить на создание условий для получения с заданной погрешностью конечных числовых результатов мониторинга (включая оценки и прогноз).

Отдельные направления обеспечения функционирования ЕГСМ ОС и ПР должны взаимодействовать и дополнять друг друга. Деятельность любого из функциональных блоков мониторинга поддерживается, как правило, несколькими видами обеспечения мониторинга, а каждый вид обеспечения поддерживает все или несколько функциональных блоков.

ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЕГСМ ОС И ПР

ЕГСМ ОС и ПР функционирует и развивается за счет средств Республиканского бюджета, местных бюджетов (средств местных фондов охраны окружающей среды), средств экологического страхования, собственных средств предприятий-природопользователей, грантов, иных источников, не запрещенных законодательством Республики Казахстан.

Средства Республиканского бюджета устанавливаются на основании утвержденных республиканских и региональных программ и расходуются в рамках государственного заказа на:

- создание и поддержание функционирования Республиканского уровня ЕГСМ ОС и ПР;

создание научно-технической продукции для обеспечения функционирования и развития ЕГСМ ОС и ПР и ее подсистем, выполнения целевых программ мониторинга через республиканские (государственные, межведомственные и ведомственные) целевые научно-технические программы.

Средства местных бюджетов и экологических фондов расходуются на создание и поддержание функционирования территориального уровня ЕГСМ ОС и ПР, создание научно-технической продукции в интересах его развития. Ведение производственного мониторинга осуществляется за счет средств предприятий-природопользователей.

ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ЕГСМ ОС И ПР

Проблемы, связанные с организацией и созданием ЕГСМ ОС и ПР целесообразно решать поэтапно, обеспечивая на каждом этапе как рациональную последовательность действий, так и обеспечение конечной цели - создание Государственной системы мониторинга. Первый этап предусматривает проведение работ и организационных мероприятий для разработки основополагающей нормативно-правовой базы создания ЕГСМ ОС и ПР, определения приоритетных направлений, организации обмена имеющейся в настоящее время информацией. Второй этап предусматривает проведение работ и организационных мероприятий, направленных на создание нормативно-правовой базы и организационно-управленческой структуры, обеспечивающих функционирование ЕГСМ ОС и ПР, создание сети информационно-аналитических центров и информационных связей республиканского уровня, опытную отработку методологии мониторинга на конкретных территориях.

Третий этап предусматривает проведение работ по созданию, развитию и модернизации систем и уровней ЕГСМ ОС и ПР, включая создание территориальных информационно-аналитических центров, модернизацию и развитие ведомственных служб, подразделений и организаций, обеспечивающих выявление, оценку и прогноз состояния окружающей среды и природных ресурсов.

Первый этап предусматривается выполнить в течение 2001 года. Сроки выполнения последующих этапов определяются Республиканской целевой программой "Создание ЕГСМ ОС и ПР". Работы второго и третьего этапов создания ЕГСМ выполняются одновременно с функционированием системы. В результате проведения работ всех трех этапов соз-

дается функционально полная система, обеспечивающая решение целей и задач, стоящих перед мониторингом.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды РК
Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

Цент мониторинга загрязнения природной среды РГП "Казгидромет"

ҚОРШАҒАН ОРТА ЖӘНЕ ТАБИҒИ РЕСУРСТАР МОНИТО- РИНГІНІҢ БІРЕГЕЙ МЕМЛЕКЕТТІК ЖҮЙЕСІ КОНЦЕПЦИЯСЫ

	С.К. Базарбаев
Геогр. ғылымдарының канд.	М.Ж. Бұрлібаев
	А.С. Қоспанов
Геол.- мин. ғылымд. канд.	Е.Ж. Мұртазин

Қоршаған орта және табиғи ресурстар мониторингінің бірегей мемлекеттік жүйесі құрылған. Оны іске асырудың мүлкін жолдары суреттелген.

УДК 543.31

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСОБО НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РТУТИ И ИОНОВ ДРУГИХ МЕТАЛЛОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Канд. биол. наук Г.Д. Садыкова

Описан метод определения особо низких концентраций ртути, пригодный для анализа природных поверхностных вод, атмосферных осадков, питьевой воды.

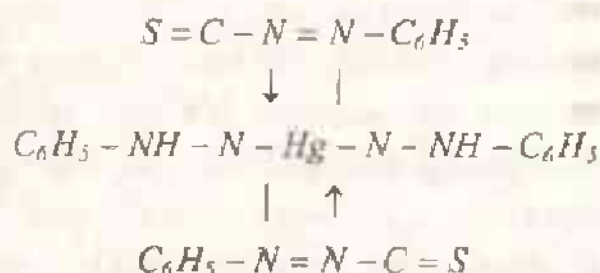
Ртуть является одним из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Особая опасность присутствия соединений ртути в природных водах заключается в способности многих микроорганизмов накапливать ее в очень высоких концентрациях и далее передавать по трофическим цепям, что может приводить к отравлению рыб и теплокровных, в том числе и человека. Микроорганизмы образуют метилртутные соединения, которые во много раз токсичнее неорганических солей ртути. Ртуть также хорошо сорбируется различными взвешенными частицами, которые всегда присутствуют в природных водах. Ртуть поступает в водоемы со сточными водами, особенно от предприятий, перерабатывающих полиметаллические руды, она входит в состав многих инсектицидов и фунгицидов и далее попадает в водоемы с сельскохозяйственных площадей. Много ртути попадает в окружающую среду от крупных населенных пунктов, так как она используется в различных бытовых и промышленных приборах [6]. Соли ртути и большая часть органической ртути абсорбируется в растворимых формах из воды организмами и сохраняется в тканях. Птицы абсорбируют неорганическую ртуть, хотя органическая ртуть гораздо токсичнее. Растения в основном чувствительны к токсическому эффекту соединений ртути. Высокие концентрации ртути найдены в некоторых видах грибов и плесеней. Метилртуть отравляет центральную нервную систему, изменяя сенсорные и координационные функции, может тормозить перинатальное развитие. Химические и эпидемиологические исследования показали, что дети более чувствительны к токсическому эффекту, чем взрослые люди. Интоксикация кожи человека ртутью наблюдалась в Японии и была названа болезнью Минамата. Интоксикация кожи может быть обусловлена употреблением в

пищу зерновых продуктов с алкилртутными фунгицидами, наиболее характерный случай такого отравления населения был зарегистрирован в Ираке в 1971-1972 гг. Мониторинг продуктов из ряда стран показывает, что население в основном не подвержено риску. Проблема, однако состоит в тенденции возрастания употребления морских продуктов, увеличения использования угля в качестве источника энергии (с выбросом ртути). Повышение кислотности окружающей среды увеличивает подвижность ртути и в результате этого она может мигрировать в водоемы из почвы и подземных вод. [6].

В связи с вышеназванными причинами предельно допустимые концентрации (ПДК) для ртути в большинстве стран очень низкие. В нашей стране ПДК для рыбохозяйственных водоемов $0,01 \text{ мкг/дм}^3$, для питьевой воды $0,5 \text{ мкг/дм}^3$, среднесуточное ПДК для воздуха населенных мест $0,3 \text{ мкг/м}^3$ [3]. Определять такие низкие концентрации ртути в окружающей среде довольно сложно. Концентрирование водных образцов выпариванием при определении ртути может приводить к значительным ошибкам, поэтому во многих странах приняты методики, исключаящие этот этап. Наиболее приемлимым для таких концентраций является атомно-абсорбционный спектральный анализ, предел его определения $0,2 \text{ мкг/дм}^3$ при фактически прямом внесении пробы в атомизатор без предварительного концентрирования. Атомно-абсорбционный метод пригоден при определении ртути в питьевой воде [1]. Метод инверсионной вольтамперометрии в интервале концентраций от $0,2 - 1000 \text{ мкг/дм}^3$ имеет очень высокую погрешность до 50 %, кроме того он включает в себя концентрирование выпариванием пробы, что может приводить к значительной неспецифической сорбции ртути, а следовательно искажению результатов [2]. Фотометрическое определение ртути с дитизоном с образованием окрашенного комплекса – дитизоната ртути имеет ряд преимуществ и недостатков в сравнении с вышеназванными методами. Он не требует дорогостоящего оборудования, при определении нет этапа концентрирования выпариванием. Концентрация ионов ртути достигается избирательной экстракцией в виде дитизоната в органический растворитель в присутствии трилона Б и роданида калия. Но предел определяемых концентраций $0,5 \text{ мкг/дм}^3$, что делает этот метод непригодным для определения ртути в природных водах [5]. В литературе описаны методы определения микропримесей металлоорганических соединений анализом посредством капиллярной газовой хроматографии с атомно-эмиссионными или масс-спектрометрическими детекторами. Эти методы пригодны для

определения органических соединений свинца, ртути, олова и мышьяка в интервале концентраций от 0,001 мкг/дм³ и выше, что дает возможность применять их для анализа природных вод. В основе этих высокочувствительных методов лежит экстракция ионов металлов комплексообразующими органическими реактивами дитиокарбаматом диэтилнатрия или трополоном. Далее металлоорганические соединения переводят в органическую фазу с концентрированием. Недостатком анализа капиллярной газовой хроматографией является необходимость перевода металлоорганических соединений в легко летучие тетраалкилзамещенные производные реактивом Гриньяра, что значительно усложняет анализ увеличивая погрешность определений [4].

Предлагаемый способ значительно увеличивает чувствительность известного метода основанного на экстрагировании ртути в виде дитизоната с дальнейшим количественным определением дитизоната ртути методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Дитизонат ртути - окрашенное соединение желто-оранжевого цвета, имеет в своей структуре 4 бензольных кольца и являясь сильным хромофором поглощает в УФ и видимой области излучения. Структурная формула дитизоната ртути.



Пробы воды объемом от 250-500 мл обрабатываются согласно стандартной методике [5]. Полученные конечные хлороформные экстракты дитизоната ртути упаривают насухо при комнатной температуре. Сухой остаток растворяют в 0,2 см³ хлороформа и далее анализируют методом ВЭЖХ на хроматографе HP 1100 фирмы "Hewlett-Packard" с УФ-детектором с постоянной длиной волны 254 нм и программным обеспечением «Chemstation». Для разделения веществ использовалась колонка Zorbax RX-C18, в качестве подвижной фазы - градиент растворителей ацетонитрил-вода или этанол-вода.

Предлагаемый метод пригоден для определения различных форм ртути, встречающихся в природных водах: в виде органических и неорганических соединений, в растворенной и нерастворенной форме. При определении общего содержания, вся ртуть, присутствующая в воде, перево-

дится в неорганическую форму окислением перманганатом калия в кислой среде при нагревании. Если необходимо определить нерастворенные формы ртути, то пробы воды предварительно фильтруют и далее сухой остаток экстрагируют раствором сильных кислот. При определении метилртутных соединений пробы воды предварительно экстрагируют гексаном, упаривают, гидролизуют сильной кислотой и далее экстрагируют дитизоном. Экстракцию дитизоном проводят в присутствии роданистого калия и трилона Б для удаления маскирующих ионов металлов. Хотя в последующем при хроматографическом разделении дитизонаты различных металлов имеют разное время удерживания на колонке поэтому наличие в пробах воды других ионов металлов не мешает ходу определения. Дитизонаты ртути концентрируют при необходимости. Сама экстракция дитизоном является концентрирующей стадией, из 500 см³ воды экстракция проводится 5 см³ 0,04 % раствора дитизона в хлороформе. Далее экстракты можно упаривать при комнатной температуре до 0,2 см³, если это необходимо. На колонку наносят 20 мкл конечных хлороформных дитизоновых экстрактов. В качестве подвижной фазы используют градиент этанола в воде или ацетонитрила в воде. Хроматографию проводят при температуре 30 °С. Хлороформ и дитизон отделяются от дитизоната ртути в самом начале хроматографии. Время удерживания дитизоната ртути на колонке зависит от скорости потока подвижной фазы и градиента растворителя. Удалось полностью разделить смесь – хлороформ, дитизон, аскорбиновая кислота, и дитизонаты металлов – цинка, меди, свинца, ртути.

Для количественного определения строят калибровочную прямую с использованием стандартных растворов ртути, обработанных аналогично природным образцам воды. Калибровочный коэффициент возможно устанавливать при хроматографии образцов на содержание ртути через программное обеспечение "Chemstation", которым обеспечен хроматограф HP 1100. Программное обеспечение позволяет регистрировать выход веществ по времени до тысячных долей минуты, рассчитывает высоту и площади пиков и относительное процентное содержание веществ в смесях.

При анализе природных вод достоверная минимально определяемая концентрация составляла 0,0016 мкг/дм³, что более чем в 6 раз меньше ПДК для водоемов рыбо-хозяйственного водопользования и более чем в 300 раз меньше, чем ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования. Поэтому предлагаемый метод дает возможность определять концентрации ртути от 0,002 мкг/дм³ и более.

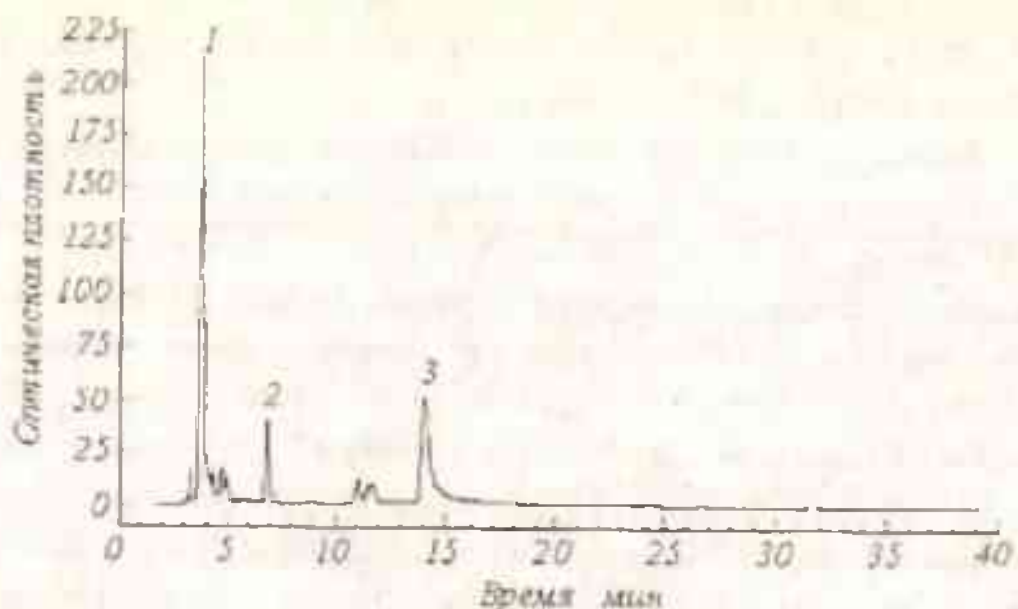


Рис. 1. Хроматограмма дитизоната ртути. 1 – хлороформ, 2 – избыток дитизона, 3 – дитизонат ртути.

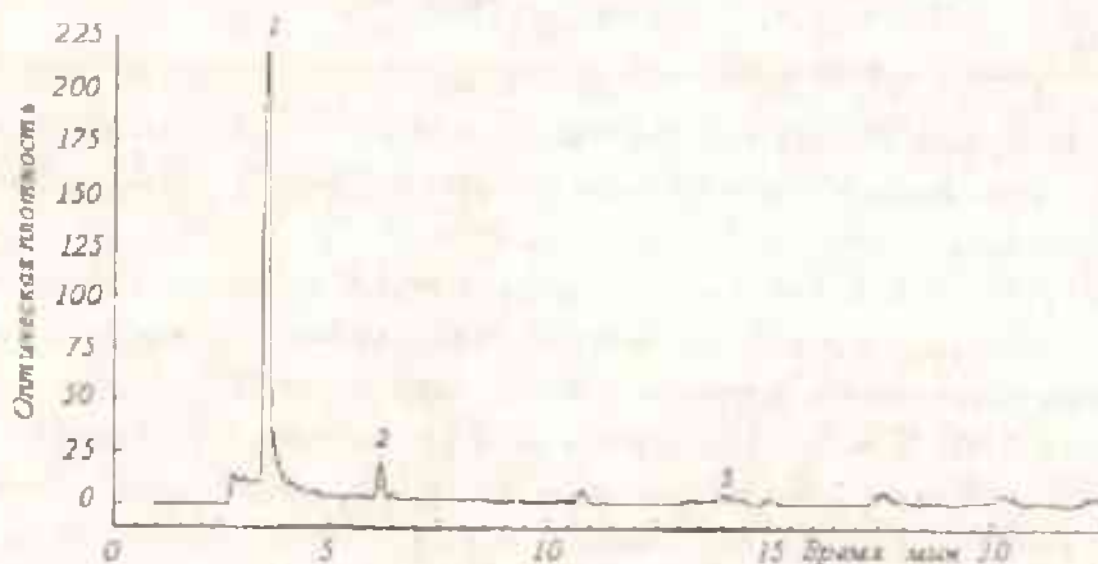


Рис. 2. Хроматограммы воды оз. Балхаш. Условные обозначения см. на рис. 1.

В работе были использованы стандартные образцы растворов ртути 9К-3 с концентрациями $0,1 \text{ г/дм}^3$ и 1 мг/дм^3 . Было проведено более 200 анализов стандартных образцов растворов ртути. Воспроизводимость результатов при концентрациях $0,0004 \text{ мкг/дм}^3$ очень высока, абсолютная погрешность $0,00001 \text{ мкг/дм}^3$, относительная погрешность $0,05 \%$, средняя квадратичная погрешность $0,0066$, относительное стандартное отклонение $0,165 \%$. При концентрациях $0,0016 \text{ мкг/дм}^3$ абсолютная погрешность $0,000001 \text{ мкг/дм}^3$, относительная погрешность $0,062 \%$, средняя квадратичная погрешность $0,0011$, относительное стандартное отклонение

0,75 %. Для анализа достаточно 100 см³ пробы природных вод, где, как правило концентрации ртути очень низкие.

Метод пригоден для анализа проб атмосферных осадков, питьевой воды, природных и сточных вод. При анализе почв и проб воздуха требуется дополнительная подготовка проб, которая в конечном итоге должна приводить к получению кислотного экстракта образцов. Он необходим при мониторинге объектов окружающей среды на урбанизированных территориях в связи с постоянным наличием источников загрязнения ртутью. Метод дает возможность быстрого и достоверного определения изменения концентраций ртути в объектах окружающей среды.

Предложенный метод даст возможность контролировать содержание такого особо токсичного вещества в объектах окружающей среды не только городов, но и сельскохозяйственных регионов, поскольку при полевых работах применяются ртуть содержащие пестициды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 52.44.592-97. Методические указания. Определение массовой концентрации ртути в атмосферных осадках и поверхностных водах. Методика выполнения измерений методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии «холодного пара». - 19 с.
2. МУ 08-47/036. 1994г. Методика количественного химического анализа проб природных, питьевых и очищенных сточных вод на содержание ртути методом инверсионной вольтамперометрии. С. 7 - 19.
3. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М., Госкомсанэпиднадзор России. 1996. - 26 с.
4. Ризве Сониясси, Пат Сандра, Клаус Шлетт. Анализ воды: Органические примеси. Практическое руководство. Hewlett-Packard Company, 1994. - С. 166 - 183.
5. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. - Л. - Гидрометиздат. - 1977. - С. 171 - 175.
6. Chemical pollution: A global overview. Earthwatch, Geneva, UNEP 1992. P. 7 - 11.

Республиканское государственное предприятие «Казгидромет»

Центр мониторинга загрязнения природной среды

**ҚОРШАҒАН ОРТА ОБЪЕКТТЕРІНДЕГІ СЫНАП ЖӘНЕ БАСКА
ДА МЕТАЛЛ ИОНДАРЫНЫҢ АСА ТӨМЕН
КОНЦЕНТРАЦИЯЛАРЫН АНЫҚТАУ**

Биол. ғылымд. канд. Г.Д.Садықова

Жер үсті суларының, атмосфералық жауын-шашындардың, ауыз судың талдауына қолайлы сынаптың аса төмен концентрацияларын анықтау әдісі суреттелген.

УДК 504.4.054

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЕК Г. АЛМАТЫ ИОНАМИ ТЯЖЕЛЫХ
МЕТАЛЛОВ**

Ж.М. Жаппарова

Канд. биол. наук

Г.Д. Садыкова

Канд. геол.- мин. наук

Е.Ж. Муртазин

Представлены данные о содержании тяжелых металлов – меди, цинка, кадмия, ртути и свинца в реках города Алматы. Показано антропогенное загрязнение рек ионами тяжелых металлов.

Тяжелые металлы являются наиболее опасными загрязнителями окружающей среды. Наиболее токсичны ртуть, свинец и кадмий. Свинец - потенциально токсичное вещество с неизвестными физиологическими функциями. В организм человека ртуть поступает через пищу, стоматологические амальгамы и через органы дыхания. Городское население вдыхает свинец из воздуха, где используется этилированный бензин. Свинец в крови биологически активен и является показателем ухудшения здоровья человека. Влияние свинца на окружающую среду не столь значительно, как на здоровье человека, поскольку он относительно мало растворим в почве и соответственно малоподвижен и биологически неактивен. Загрязнение экосистем свинцом имеет экологические последствия, приводящие к нарушению трофических циклов. Свинец в окружающей среде адсорбируется на осадках и частицах почвы - это уменьшает его влияние на организмы. Биологические функции ртути неизвестны. Различные химические формы ртути отличаются по токсическим свойствам, наиболее токсична метилртуть. Метилртуть действует на центральную нервную систему, изменяя сенсорные и координационные функции. Увеличение ртути в объектах окружающей среды может быть связано с увеличением использования угля в качестве источника энергии (с выбросом ртути) и повышением кислотности почв. Соли ртути и большая часть органической ртути обычно абсорбируется в растворимых формах из воды организмами и сохраняется в тканях. Кадмий в результате атмосферного осаждения аккумулируется в почве и попадает в пищевые крупяные культуры. Исследования различных видов почв и моделирование выбросов с осаждением кадмия

показали, что кадмий концентрируется в почве, по крайней мере в развитых европейских странах, в последнее столетие. Показано, что кадмий является причиной увеличения случаев простатитного и респираторного рака. Кадмий может аккумулироваться в человеческом организме в течение всей жизни, начиная с внутриутробного развития. Он поступает в организм с пищей, курением и из объектов окружающей среды. В соответствии с рекомендациями UNEP свинец, ртуть и кадмий являются приоритетными при мониторинге состояния окружающей среды [4].

Мониторинг поверхностных водоемов и водотоков является неотъемлемой частью комплексной оценки состояния экосистем. Водные объекты, находящиеся на урбанизированных территориях, испытывают высокую антропогенную нагрузку и поэтому необходимо наблюдение за их загрязнением особо токсичными ионами тяжелых металлов. Алматы является крупнейшим городом Казахстана, в котором располагаются большие промышленные объекты, проходят автомагистрали, находится огромный массив жилых строений. Территория города располагается в таких географических условиях, где естественное проветривание сильно ограничено, что в целом создает неблагоприятную экологическую ситуацию.

В Центре мониторинга загрязнения природной среды при РГП «Казгидромет» ведутся многолетние наблюдения за загрязнением водных объектов Республики. Ранее на территории г. Алматы наблюдения за уровнем загрязнения велись по двум рекам Большой и Малой Алматинкам, мониторинг реки Есентай (Весновка) не проводился. Природные воды исследовались по целому ряду показателей, в том числе по содержанию меди и цинка, однако не проводился анализ по определению других токсичных металлов.

Целью представленной работы являлось исследование рек г. Алматы на содержание приоритетных особо опасных загрязнителей - свинца, кадмия, цинка, меди и ртути. Изучены сезонные изменения концентрации тяжелых металлов в поверхностных водах и влияние антропогенной нагрузки на загрязнение рек. Для того чтобы оценить уровень загрязнения за систему отчета количества тяжелых металлов в воде была принята их предельно допустимая концентрация (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов. Все воды рек г. Алматы впадают в р. Или, которая имеет рыбохозяйственное значение, поэтому был взят именно этот критерий.

Отбор проб проводился по стандартной методике ежемесячно [3]. Пробы отбирались в створах многолетних наблюдений по рекам Большой

По реке Малая Алматинка: створ 8 - 2,0 км выше города Алматы; створ 9 - 0,5 км ниже сброса мехкомбината; створ 10 - 4,0 км ниже города, выше села Покровка; створ 11 - 0,3 км выше устья, 0,5 км ниже сброса сточных вод радицентра № 5.

Лабораторно-аналитические исследования проведены при помощи общепринятых методов - инверсионной вольтамперометрии, фотоколориметрии и хроматографии. Определение кадмия и свинца проводилось по аттестованной методике методом инверсионной вольтамперометрии [2]. Процесс электроосаждения проводили на углесталловом электроде с использованием хлоридного фонового раствора. Диапазон определяемых концентраций элементов составляет $0,0005 \dots 1,0 \text{ мг/дм}^3$ для кадмия и $0,0002 \dots 1,0 \text{ мг/дм}^3$ для свинца.

Определение меди и цинка проводили по стандартной методике фотоколориметрическим методом. Количественное определение меди основано на образовании окрашенного в желтый цвет диэтилтиокарбамата меди при взаимодействии диэтилтиокарбамата свинца в хлороформе с содержащимися в воде ионами меди. Количественное определение цинка производилось в пробе воды после экстракции его с дитизоном в четыреххлористом углероде, в результате которого образуется окрашенный в красный цвет дитизонат цинка. Линейная зависимость между содержанием меди и цинка в пробе и оптической плотностью сохраняется в пределах 0,5 - 10 мкг. Минимальная определяемая концентрация для меди и цинка 2 мкг/дм^3 .

Анализ содержания ртути проводился методом экстракции ртути в виде дитизоната с дальнейшим количественным определением дитизоната ртути методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на хроматографе HP 1100 фирмы "Hewlett-Packard" с УФ-детектором с постоянной длиной волны 254 нм и программным обеспечением "Chemstation". Для разделения веществ использовалась колонка Zorbax RZ-C 18, в качестве подвижной фазы - градиент растворителей ацетонитрил-вода или этанол-вода.

Наблюдения за загрязнением рек г. Алматы ионами этих металлов проводилось в течение года. Данные по содержанию ионов тяжелых металлов представлены на диаграммах. На рис. 2 показано содержание тяжелых металлов в реке Б. Алматинка. Створ 1, расположенный выше города, наименее подверженный антропогенному воздействию, содержит минимальные значения концентраций ионов тяжелых металлов, следовые количества содержания цинка и ртути, низкие концентрации ионов свинца менее 0,5 ПДК. Высокое содержание меди в концентрации одной ПДК.

обусловлено естественным вымыванием меди из горных пород и является достаточно характерным явлением для горных рек данного региона.

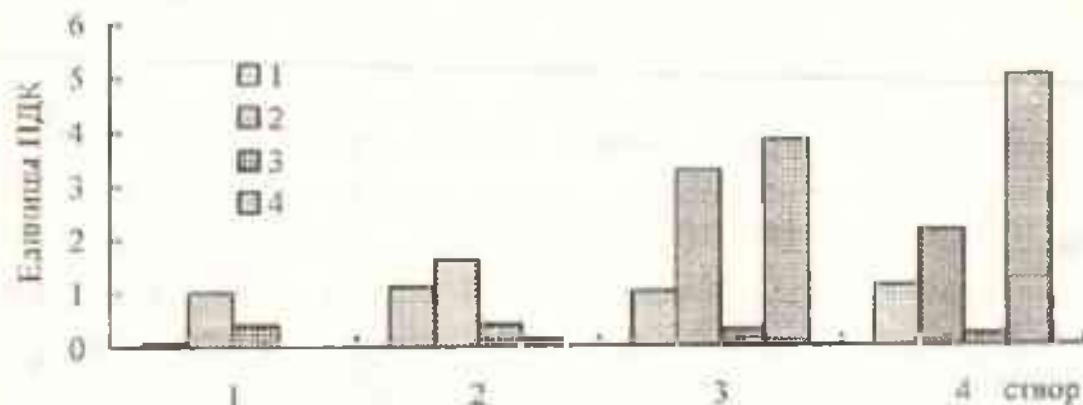


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов в р. Б. Алматинка за апрель 2001 г в единицах ПДК. 1 - цинк; 2 - медь; 3 - свинец; 4 - ртуть.

Створ 2 находится ниже сброса сточных вод АХБК, здесь наблюдается увеличение содержания меди и цинка, концентрация ионов цинка находится в области одной ПДК, а меди возрастает в полтора раза, содержание ртути и свинца практически не меняется. Ниже города наблюдается рост содержания меди до трех ПДК, и ртути - более трех ПДК. Площадь водосбора реки проходит по густонаселенному району города с неконтролируемыми сбросами сточных вод, которые вносят значительное загрязнение реки ионами тяжелых металлов. В устье реки фиксируется некоторое уменьшение содержания меди до двух ПДК, которое объясняется естественным разбавлением воды в реке. Что касается ртути, очевидно, имеет место источник дополнительного антропогенного загрязнения, поскольку наблюдается дальнейший рост ее содержания. Концентрация цинка и свинца достаточно стабильна, цинк на протяжении всей реки находится на уровне ПДК. Свинец, плохо растворимый в воде, во всех створах содержится в очень малых количествах, значительно ниже соответствующего значения ПДК.

Река Малая Алматинка имеет достаточно большую площадь водосбора, в ее воды осуществляются сбросы сточных вод ряд предприятий связи и энергетических объектов, а также незарегистрированные периодические сбросы Алматинского управления Горводоканала, на ее берегу расположено промышленное предприятие - Мсхкомбинат. Значительное количество загрязняющих веществ вносится с поверхностным стоком, поскольку река протекает в густонаселенной зоне и, кроме того, определен-

ное влияние на качество воды оказывает также низкая водность в течение года. На рис. 3 представлены данные по содержанию ионов тяжелых металлов в р. М. Алматинка.

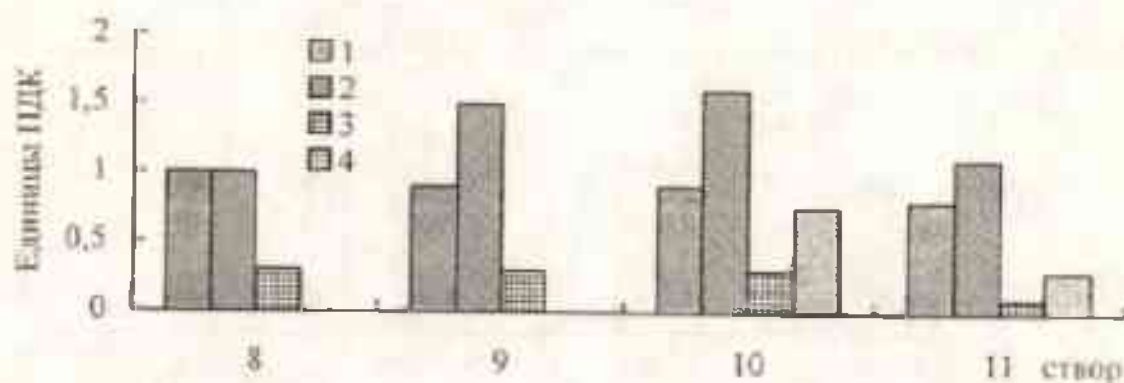


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов в р. М. Алматинка за апрель 2001 г в единицах ПДК. 1 – цинк; 2 – медь; 3 – свинец; 4 – ртуть.

В створе 8, расположенном на 2 км выше города, 1,2 км ниже впадения реки Сарысай, на 2 км выше плотины Медео, содержание ионов меди и цинка находится на уровне одной ПДК. Река Малая Алматинка берет свое начало в сильно расчлененной горной местности, для химического состава воды в верхнем течении характерна средняя минерализация воды в результате ледникового питания от 101 до 285 мг/дм³. Содержание ионов свинца составляет 0,3 ПДК, находятся следовые количества ртути. В створе 9, ниже сброса сточных вод Мехкомбината, наблюдается увеличение концентрации меди до полутора ПДК, что обусловлено антропогенным загрязнением. Содержание свинца и ртути остается неизменным, наблюдается небольшое уменьшение концентрации цинка. Далее, в створе 10, в районе села Покровка, фиксируется увеличение меди до значений 1,6 ПДК, уровень цинка и свинца не изменяется, но резко повышается концентрация ртути до 0,7 ПДК. В створе 11, находящемся на 0,3 км выше устья и на 0,5 км ниже сброса сточных вод радицентра №5, вследствие разбавления, содержание всех рассматриваемых тяжелых металлов уменьшается, однако концентрация меди находится на уровне 1,1 ПДК.

Река Есентай протекает через густонаселенную территорию, в воды этой реки производятся многочисленные сбросы хозяйственно-бытовых сточных вод. Содержание цинка и свинца достаточно стабильно на протяжении всей реки и находится на уровне 0,9 и 0,1 ПДК соответственно. Неуклонно растет концентрация меди, если в створе 5 (верховье реки) со-

составляет 1 ПДК, в створе 6 (проспект Абая) - 1,1 ПДК, то в створе 7 (проспект Рыскулова) содержание ионов меди - 1,7 ПДК. Наблюдается также рост концентрации ртути. В створе 5 (проспект Аль - Фараби) - 0,4 ПДК, в створе 6 (проспект Абая) - 0,8 ПДК, затем фиксируется резкое увеличение до 2 ПДК.

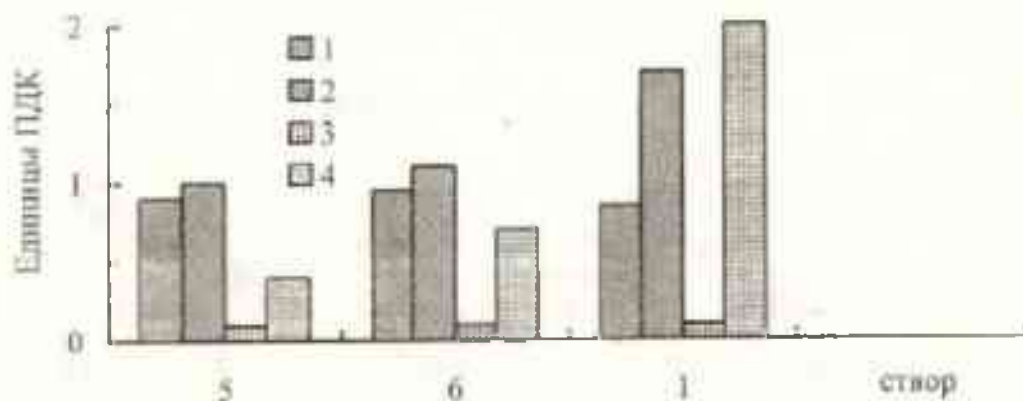


Рис. 4. Содержание тяжелых металлов в р. Есентай за апрель 2001 г в единицах ПДК. 1 - цинк; 2 - медь; 3 - свинец; 4 - ртуть.

На рис. 5 представлены данные по среднегодовому содержанию тяжелых металлов в реках г. Алматы. Створы сгруппированы по географическому расположению. Южные створы 1, 5, 8 расположены в наименее загрязненных районах города. Створы 2, 6, 9 находятся в районах, наиболее подверженных промышленному загрязнению. Створы 3, 4, 7, 10, 11 расположены в северной части города и характеризуются промышленными и неорганизованными бытовыми сбросами.

В Алматы находятся две теплоэлектростанции, которые могут являться потенциальными источниками загрязнения природной среды ртутью, поскольку в качестве топлива используется уголь. В Алматы большое количество частных домовладений также отапливается углем. Источником загрязнения городской среды ртутью могут являться больницы, причем многие из них в городе располагаются в непосредственной близости от рек. Как показано на рис. 5, в южной части города водные объекты фактически не загрязнены ртутью, створы севернее города содержат высокие концентрации ртути, что связано с загрязненным поверхностным стоком промышленного и бытового характера. Кроме того значительный вклад в загрязнение рек могут вносить сбросы воды с сельскохозяйственных объектов, где в качестве пестицидов и инсектицидов используются ртуть содержащие препараты. Загрязнение объектов природной среды свинцом в Алматы связано с выбросами автотранспорта, что подтверждается характером загрязнения рек города этим металлом. Очевидно, низкое содержа-

ние свинца в южных районах города связано с отсутствием крупных автомагистралей. В центральной части города проходят крупнейшие высокозагрязненные автострады - проспекты Рыскулова, Абая, Толе Би. Происходят значительные выбросы свинца, вследствие чего концентрация свинца в воздухе увеличивается, что приводит к загрязнению водных объектов. Концентрация свинца в створах ниже города несколько уменьшается, что объясняется разбавлением стока рек и отсутствием крупных магистралей в этом районе.

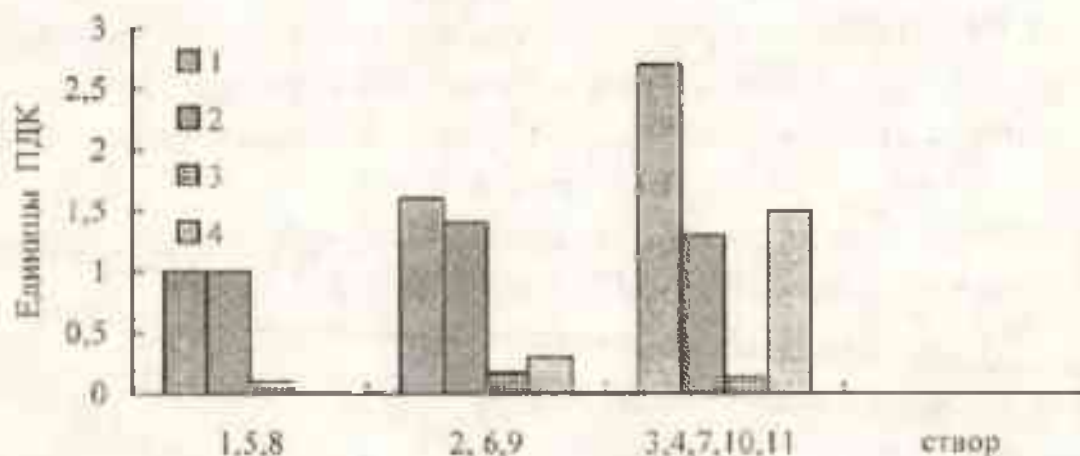


Рис. 5. Содержание тяжелых металлов в различных створах рек г. Алматы за 2001 г в единицах ПДК. 1 – цинк; 2 – медь; 3 – свинец; 4 – ртуть.

Наличие в природных водах, не подверженных антропогенному воздействию, ионов тяжелых металлов, связано с вымыванием горных пород и по литературным данным в некоторых реках содержание ионов меди достигает до нескольких сот ПДК [1]. Характер распределения меди и цинка в реках Алматы показывает, что природное содержание этих металлов в реках этого региона довольно высокое. Однако имеет место дополнительное ярко выраженное антропогенное загрязнение, что показано на рис. 5. Максимальное содержание меди характерно для створов, расположенных в центральной части города. В нижних створах происходит некоторое разбавление концентраций меди. Широкое использование цинка в процессе хозяйственной деятельности приводит к значительному загрязнению этим металлом объектов окружающей среды, в том числе и водотоков. Источниками загрязнения цинком в г. Алматы могут быть свалки бытовых и промышленных отходов, различные производства, оцинкованные поверхности, широко представленные в бытовых и производственных зданиях и т.д. Поэтому содержание цинка в реках города довольно высокое и

увеличивается по мере протекания рек по территории города. Кадмий в реках Алматы наблюдался достаточно редко во втором створе в концентрациях до 1 ПДК, что может быть связано с единичными сбросами загрязненных сточных вод АХБК. В целом реки города кадмием не загрязнены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. А. Резников, Е.П. Мулиновская, И.Ю. Соколова. Методы анализа природных вод. - М.: Гос. научн.-тех. изд-во лит. по геол. и охране недр. - 1963. - с. 249.
2. МУ 08 - 47/008. Методика количественного химического анализа проб природных, питьевых и очищенных вод на содержание цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии. - Томск: Изд-во Томск. политех. ун-та, 1996. - С. 1 - 35.
3. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1977. - С. 156 - 163, 171 - 175.
4. Chemical pollution: A global overview. - Geneva.: UNEP, 1992. - С. 7 - 10.

Центр мониторинга загрязнения
природной среды РГП "Казгидромет"

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ АУЫР МЕТАЛЛ ИОНДАРЫМЕН ЛАСТАНУЫ

	Ж.М. Жанпарова
Биол. ғылымд. канд.	Г.Д. Садыкова
Геол. - минер. ғылымд. канд.	Е.Ж. Мұртазин

Баяндамада Алматы қаласы өзендерінде мыс, цинк, кадмий, сынап, қорғасын иондарының тараулы туралы мәліметтер берілген. Алматы қаласы өзендерінің ауыр металл иондарымен ластануы көрсетілген.

УДК 574.504.064.504.53.574

**ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИКИ СИЛЬНО ДИССИПАТИВНЫХ СРЕД
К РЕШЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ: СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ И
ПРОГНОЗ**

Канд. геогр. наук	М.Ж. Бурлибаев
Канд. геогр. наук	А.А. Волчек
Канд. техн. наук	Д.А. Костюк
Канд. техн. наук	Ю.А. Кузавко

Обсуждается применение методов акустики сильно диссипативных сред (СДС) к решению диагностических задач пищевой и перерабатывающей промышленности, сельского хозяйства и экологии. Рассмотрена теория эффекта аномального отражения акустической волны от СДС. Рассмотрены задачи по измерению влажности и липкости почв, грунтов и сыпучих материалов; по определению степени загрязнения сточных вод; по выявлению степени готовности пищевых продуктов и напитков и др. Предложена идея создания универсального автономного переносного прибора для измерений вышеуказанных параметров с перепрограммируемым процессором, в который вносятся необходимые калибровочные кривые.

В различных технологических процессах приготовления веществ и продуктов имеет место изменение агрегатного состояния исходных материалов, в частности отверждение последних. При этом степень отверждения вещества однозначно говорит о качестве его приготовления. Здесь предлагается высоко чувствительный метод ультразвуковой диагностики процессов приготовления веществ, а также физико-химических параметров различных сред, задействованных в сельскохозяйственных и экологических технологиях, заключающийся в измерении спектральных характеристик акустического импульсного сигнала, отраженного от границы твердотельного звукопровода с исследуемым объектом. Примерами реальных процессов при такой диагностике могут быть сцепление асфальтного покрытия с дорожным грунтом, бетона с железной арматурой, брожение пищевых про-

дуктов в различных емкостях, определение влажности почв, грунтовых и сыпучих материалов, степени загрязнения сточных вод и т.д. При этом рассматриваемые вещества являются сильно диссипативными средами (СДС), т.е. поглощение ультразвуковых колебаний в них достаточно велико.

Отражение непрерывных и импульсных акустических сигналов от границы раздела сред изучено теоретически и экспериментально весьма подробно [1, 2]. Тем не менее, случай отражения акустической волны от среды, обладающей сильным поглощением звуковых колебаний, нам неизвестен и может оказаться интересным как в научном, так и в практическом плане. В данной работе нами анализируются недавние результаты исследований по нормальному отражению акустической продольной волны (ПВ) от плоской границы раздела твердого тела с СДС, в качестве которой может служить вязкая жидкость [3, 4, 7]. Также обсуждаются результаты по распространению и отражению ПВ в структурах: полупространство – покрытие СДС, полупространство – слой СДС – полупространство [5]. ПВ оказываются более приемлемыми и информативными по сравнению с поперечными волнами [6] для вышеоговоренных задач.

Прежде чем перейти к результатам экспериментальных исследований рассмотрим вкратце используемую теоретическую модель. Пусть из твердого тела 1 в исследуемый объект 2 нормально к плоской границе раздела сред $x = 0$ распространяется непрерывная гармоническая ПВ, которая частично отражается, а прошедшая ПВ в СДС достаточно быстро затухает (см. рис.1).

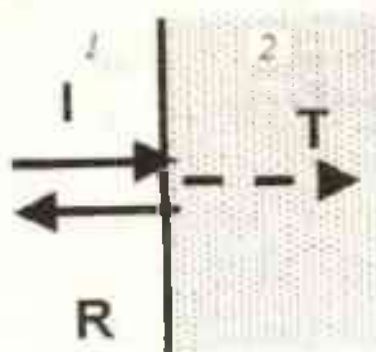


Рис. 1. Отражение акустического сигнала от границы раздела сред. 1 – твердое тело; 2 – исследуемый объект.

Волновое уравнение для ПВ в СДС имеет вид (1)

$$\rho u_{xx} = c u_{xxx} + b u_{xxt} \quad (1)$$

где u_x – компонента продольного смещения в ПВ; e – модуль упругости; ρ – плотность; b – параметр диссипативных потерь, определяемый коэффициентами сдвиговой η и объемной ξ вязкости и коэффициентом теплопроводности χ согласно соотношению

$$b = \eta + \xi + \chi(c_p^2 + c_v^2), \quad (2)$$

в котором c_p и c_v – соответственно теплоемкости СДС при постоянном давлении и объеме. Отметим, что при $b = 0$ уравнение (1) определяет акустические колебания в твердом теле с соответствующими материальными константами.

Воспользовавшись (1) и граничными условиями, представляющими собой непрерывность упругих смещений и напряжений (если СДС – жидкость, то вместо напряжения надо иметь в виду давление) на границе сред, после стандартных преобразований для коэффициента отражения получается следующая зависимость

$$R_\omega = \frac{u_{01}''}{u_{01}'} = \frac{1 - \tilde{\epsilon}}{1 + \tilde{\epsilon}}, \quad (3)$$

где u_{01}'' , u_{01}' – соответственно амплитуды отраженной и падающей волн, $\tilde{\epsilon} = \epsilon(1 - ix)^{1/2}$, $\epsilon = Z_2/Z_1$, $x = \omega/\omega_c$, $Z_1 = \rho s_{11}$ и $Z_2 = \rho s_{120}$ – соответственно акустические импедансы первой и второй сред (в отсутствие диссипации), $\omega_c = \rho_2 s_{120}^2 / b$ – некоторая эффективная частота, характеризующая СДС, s_{120} – скорость звука (при $\omega \rightarrow 0$).

Фаза отраженного сигнала может быть определена:

$$\operatorname{tg} \Psi_\omega'' = \frac{2\alpha(1+x^2)^{1/2} \sin \frac{\Psi}{2}}{1 - \epsilon^2(1+x^2)^{1/2} \cos \Psi}, \quad (4)$$

где $\Psi = -\operatorname{arctg} x$. Таким образом, согласно (3) и (4) при отражении акустической волны от диссипативной среды меняется ее амплитуда и фаза. Если отражение происходит от менее плотной акустической среды ($Z_2 < Z_1$), то при $\omega \ll \omega_c$ происходит инверсия сигнала ($\Psi'' = \pi$). В окрестности $\omega \sim \omega_c$ наблюдается минимум коэффициента отражения волны при дальнейшем возрастании фазы отраженного сигнала относительно фазы падающего на границу сигнала. Далее при $\omega \gg \omega_c$ $R_\omega \rightarrow 1$ и $\Psi'' \rightarrow 2\pi$, т.е. возникает полное отражение сигнала. В противоположном

случае при отражении от более плотной среды инверсии сигнала не происходит ($\omega \ll \omega_c$, $R_{12} \rightarrow R_0$ и $\Psi^R \rightarrow 0$). Аналогично при $\omega = \omega_c$ наблюдается минимум коэффициента отражения R_{12} при максимуме фазы Ψ^R . Далее при $\omega \gg \omega_c$, $R_{12} \rightarrow 1$ и $\Psi^R \rightarrow 0$. Для твердой эпоксидной смолы (ЭС) с акустическими параметрами: $Z_2 = 3,25 \cdot 10^6$ кг/(м²·с), $\rho_2 = 1,21 \cdot 10^3$ кг/м³, $c_{2220} = 2,68 \cdot 10^3$ м/с и затухание ультразвука в ней $\alpha = 2,93 \cdot 10^3$ м⁻¹ ($5,86 \cdot 10^3$ дБ/м при частоте $f = 5$ МГц) получаем $b = 138,4$ кг/(м·с) и $\omega_c = 2\pi \cdot 10$ МГц.

От рассмотрения непрерывного сигнала перейдем к исследованию отражения от границы и прохождения ее импульсным акустическим сигналам, наиболее близким к реальному сигналу, излучаемого ультразвуковым пьезокерамическим преобразователем (УЗП) и который на границе раздела этих сред $x = 0$ может быть представлен в виде:

$$u_1'(x = 0, t) = u_{01}' \exp(-\Gamma \frac{t}{T}) \exp(i2\pi \frac{t}{T}) [\theta(t - \frac{t}{T}) - \theta(t + \frac{t}{T})], \quad (5)$$

где Γ – безразмерный параметр, определяющий огибающую акустического сигнала, и связанный с добротностью Q ультразвукового пьезокерамического преобразователя (УЗП) соотношением $\Gamma = \pi/Q$, $T = 2\pi/\omega_0$, ω_0 – частота основной гармоники сигнала, $t = nT$ – длительность импульса, n – некоторое целое число, равное количеству периодов излучаемого импульса.

Для того, чтобы определить форму отраженного (прошедшего) сигнала необходимо рассмотреть отражение (прохождение) каждой частотной составляющей импульсного сигнала, а затем, применив обратное преобразование Фурье, определить во временном представлении форму отраженного (прошедшего) сигнала. Тогда получим:

$$u^R(x, t) = F^{-1} \{ F [R_{12} u_1'(x, t)] \}, \quad (6)$$

где F^{-1} и F – соответственно прямое и обратное преобразование Фурье.

Исходя из приведенной зависимости R_{12} (3) для реального акустического сигнала (5) с $n = 8$ и $\omega_0 = 2\pi \cdot 5$ МГц с помощью компьютера рассчитывалась форма отраженного сигнала от границы раздела оргстекло – ЭС, алюминий – ЭС, а также их спектр.

На рис. 2 в зависимости от частоты ω_0 основной гармоники импульсного сигнала представлены результаты компьютерного моделирования. Видна существенная зависимость амплитуды и фазы отраженного сигнала от частоты ω_0 . Фазу импульсного сигнала понимаем несколько более обобщенно,

чем это имеет место для непрерывных волн, а именно как значение смещения пересечения с временной осью излученного и отраженного импульсов. Заметим, что используемые программные средства позволяют выяснить особенности отражения, а также прохождения для любой формы излучаемых импульсов. Аналитические расчеты частично возможны для простейших форм излучаемых сигналов, например для прямоугольного или нескольких периодов синусоидального (практически УЗП не реализуемы), но неправильный частотно-зависимый вид R_{ω} и T_{ω} затрудняет или делает невозможным нахождение спектра и формы отраженных и прошедших сигналов.

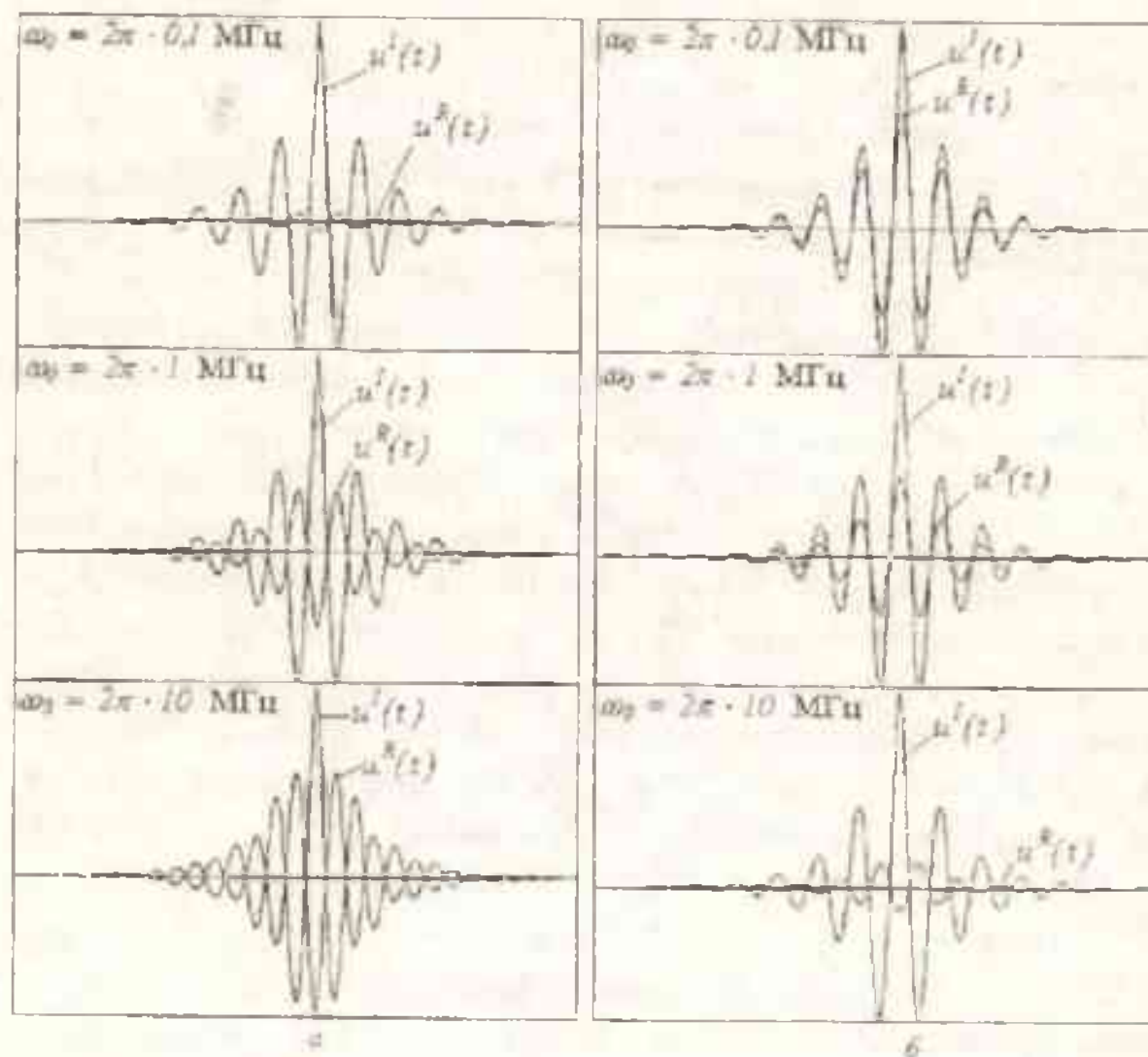


Рис. 2. Отраженный сигнал при различных значениях частоты ω_0 . Для структуры оргстекло – ЭС (а); для структуры алюминий – ЭС (б).

Для подтверждения теоретически предсказанного здесь явления – аномальной зависимости коэффициента отражения акустического сигнала

и его фазы от величины диссипации ультразвуковой энергии в окружающей среде проводился следующий эксперимент. УЗП с частотой механического резонанса 3,5 МГц (5 МГц или 7,5 МГц) возбуждался импульсным генератором. УЗП излучая близкий к теоретически рассмотренной форме продольный акустический импульс в структуру оргстекло - ЭС. Также исследовались структуры: алюминий - ЭС, оргстекло - парафин, оргстекло - почва с различным водозаполнением, но подробно остановимся на первом, показавшем рекордные изменения коэффициента отражения, и последнем, интересном в практическом аспекте измерения влажности почв, образцах. Изученные и отраженные сигналы с выхода УЗП регистрировались осциллографом с цифровой индикацией амплитудных и временных интервалов сигнала.

Для достижения излучаемых импульсов сверхкороткой длительности УЗП изготавливался следующим образом. Пьезоэлемент представлял собой диск с плоской тыльной поверхностью и сферически вогнутой излучающей поверхностью. В качестве материала пьезоэлемента использовалась низкодобротная пьезокерамика РКР-1 с добротностью $Q \approx 70$ неравномерность пьезоэлемента по толщине обеспечивала дополнительное снижение его добротности, так как каждое мысленно выделенное кольцо толщины имело определенную частоту механического резонанса (полуволновой резонатор). Для дальнейшего снижения добротности преобразователя на тыльную поверхность пьезоэлемента наносился слой демпфирующего материала, представляющим собой ЭС с наполнителем-окисью вольфрама. Далее к электродам УЗП параллельно подключалась индуктивность для достижения электрического резонанса с емкостью преобразователя. Результатом этого являлось снижение добротности УЗП до $Q \approx 3$, а измерения амплитудно-частотной характеристики изготовленных УЗП по уровню 3 дБ показали полосу частот 70% от его резонансной частоты.

В процессе отвердевания ЭС, приготовленной согласно ГОСТ на 10г ЭС 1.2 г отвердителя наблюдалось уменьшение коэффициента отражения от границы оргстекло - ЭС импульсного сигнала в 2,5 раза при изменении длительности отраженного акустического сигнала с $\tau = 3$ мкс до $\tau = 2$ мкс при частоте УЗП 3,5 МГц. Поразительный результат получился при отвердевании ЭС, приготовленной согласно объемному соотношению 2:1, когда коэффициент отражения уменьшился в 14 раз при изменении длительности сигнала с $\tau = 3$ мкс до $\tau = 1,5$ мкс. Отметим, что показания коэффициента отра-

жения ультразвука от ЭС менялись в течение трех и более суток, в то время, как ЭС застывала в течении нескольких часов. На наш взгляд это говорит о продолжающихся в ЭС физико-химических превращениях еще на более низком микроуровне. В эксперименте измерялся коэффициент отражения как временная функция при отверждении (см. рис.3), в то время как частота ω , основной гармоники излученного сигнала оставалось неизменной.

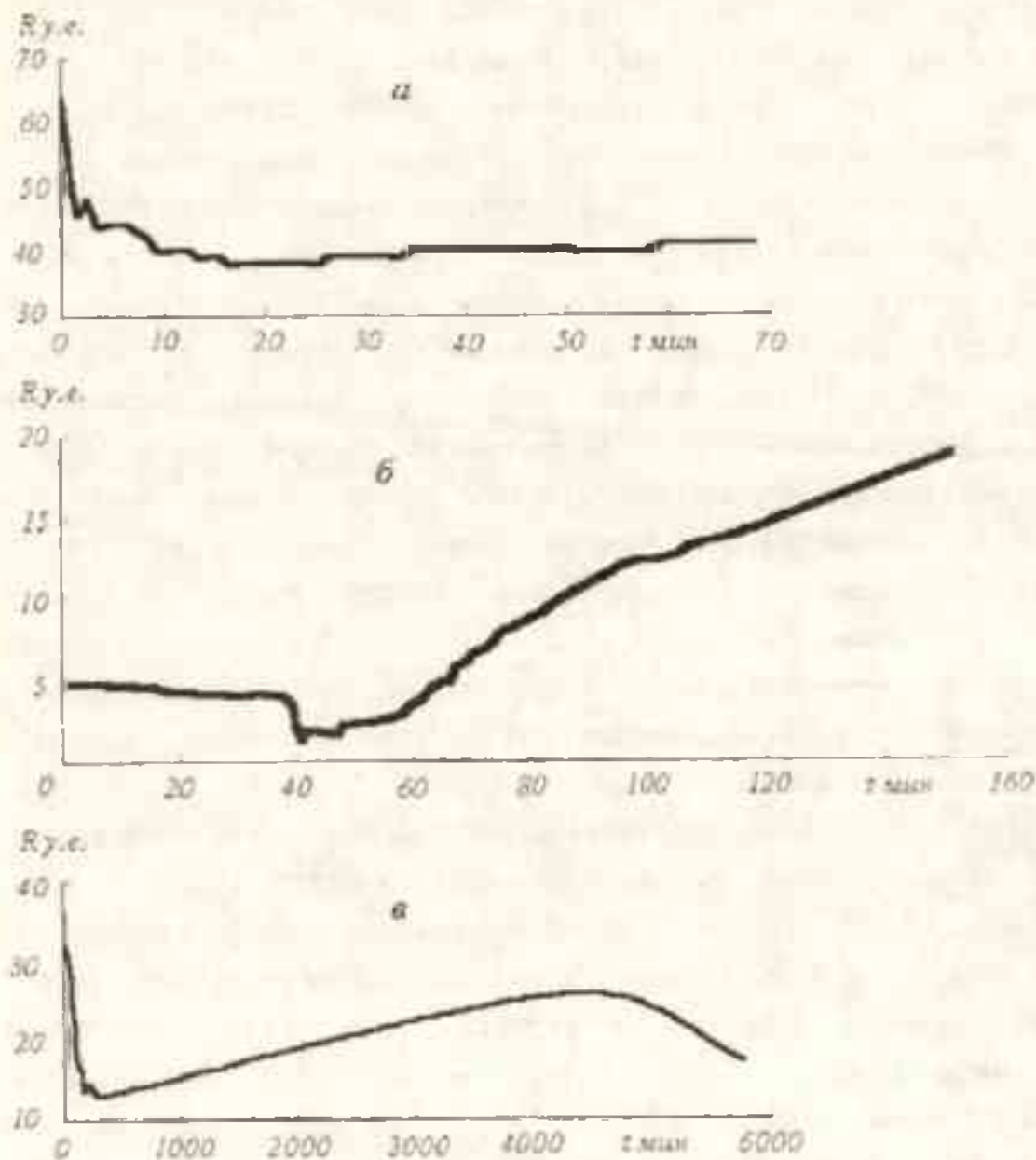


Рис. 3. Экспериментальные зависимости коэффициента отражения оргстекло - парафин (а); для структуры оргстекло - ЭС (ЭС приготовлена в объемной пропорции 2:1) (б); для структуры оргстекло - ЭС (ЭС приготовлена в весовой пропорции 10:1,2) (в).

Очевидно, что вязкость СДС, как и затухание ультразвука в ней, достигали своего максимума в точке структурного фазового перехода ЭС.

Акустические импедансы жидкой и твердой фаз ЭС не могут различаться настолько, чтобы по классическим формулам Френеля объяснить вышеуказанные аномальные изменения коэффициента отражения. Теоретические зависимости строились как функции аргумента $x = \omega/\omega_c$, а в эксперименте этот параметр возрастал до точки фазового перехода, а затем убывал. Зная теоретическую зависимость $R(\omega/\omega_c)$ и значение эффективной частоты ω_c , можно определить затухание ультразвука и в какой-то степени вязкость СДС методом обратной задачи в зависимости от времени отвердевания смеси.

Следует сделать вывод, что состояние отражающей диссипативной среды существенно влияет на коэффициент отражения и фазу как непрерывных, так и импульсных акустических сигналов. Так как фазовые измерения являются значительно более точными по сравнению с амплитудными, то по ним можно с еще большей достоверностью судить о поглощении звука в диссипативной среде и проводить непосредственные измерения вязкости веществ. По таким измерениям с учетом предварительно полученных калибровочных зависимостей можно судить о готовности к употреблению того или иного технологического продукта. Таким образом можно контролировать качество сцепления асфальта с грунтовым покрытием, бетона с железной арматурой, соответствие нормамготавливаемых композитных клеящих и иных материалов, а также степень готовности пищевых продуктов и напитков.

Более подробно остановимся на использовании предложенных методов для акустических спектроскопических измерений влажности почв, грунтов и сыпучих материалов. Измерение влажности почвы и грунта, сыпучих материалов и промышленных полуфабрикатов необходимо производить всегда. Применяемый на протяжении десятилетия термовесовой метод, несмотря на его высокую точность и соответствие стандартам, является трудоемким, длительным, требует специального оборудования и проводится в лабораторных условиях. За последнее время предложено достаточно много экспресс-методов измерения влажности веществ (емкостные, резистивные, СВЧ и др.) непосредственно в производственных условиях, которые удовлетворительно решают требуемую задачу для второй группы вышеуказанных веществ, т.е. для веществ достаточно простого химического состава. Последнее условие никогда не выполняется для

грунта и особенно для почвы с их разнообразием, состоящих из разных количеств песка, глины, минеральных и органических веществ. Влага в почве состоит из связанной, капиллярной и свободной. Именно две последние составляющие определяют плодородие почвы. Весьма затруднительно найти физический метод измерения влажности почвы и грунта с удовлетворительной для практики точностью и нечувствительностью к переменному в широких пределах их исходному химическому составу.

Здесь нами предпринимается попытка подойти к решению указанной проблемы методами акустики сильно диссипативных сред. Если в твердом теле затухание ультразвуковой волны весьма мало и им можно пренебречь, то во многих веществах (ЭС, резина, почва, песок, сильно загрязненные сточные воды и т.д.), называемых нами СДС, затухание существенно и акустические волны даже через сравнительно тонкий слой дальше не проникают. По всей видимости, вследствие этой причины на протяжении многих лет такие объекты не привлекали интерес экспериментаторов и теоретиков. Все внимание уделялось поиску кристаллов с рекордно малым поглощением. Но никто не задавался вопросом, что такое состояние СДС может повлиять на отражение акустического сигнала от границы твердотельного звукопровода с СДС. Для количественного осмысления отражения волны необходимо в тензоре механических напряжений помимо упругой компоненты учитывать и диссипативную компоненту, обусловленную вязкостью (внутренним трением) и теплопроводностью СДС, т.е. теми факторами, которые обеспечивают поглощение акустических колебаний.

Отметим, что для определенной почвы с конкретным влагосодержанием частота ω является уже функцией влажности и в меньшей степени плотности почвы и скорости звука в ней. В идеале хотелось бы, чтобы последние два параметра не оказывали влияния на частоту ω . Тогда было бы возможно построение универсального средства измерения влажности почвы и грунта. Резюмируя проведенные теоретические исследования следует сказать, что влажность почвы влияет на ее вязкость и степень ее прилипания к звукопроводу. Влажность почвы является важнейшим показателем ее плодородия, а липкость определяет технические условия ее обработки. Экспресс-измерения влажности почвы в полевых условиях позволяют оптимальным образом определить время ее обработки и режим полива. Именно влага обеспечивает клейкие свойства почвы. Сухая почва

к звукопроводу прилипать не будет и механический контакт будет практически отсутствовать, а следовательно коэффициент отражения сигнала будет максимальным, т.е. 100%.

Раньше мы касались измерений влажности почвы по абсолютному значению коэффициента отражения, но как показывают проведенные исследования у нас всегда имеется полная информация о форме излученного и принятого сигнала. Тем самым, вводя понятия сдвига фаз между принятым и излученным сигналами, можно и поэтому параметру производить измерения влажности почвы. Отметим, что, как следует из информационной теории измерений, фазовые измерения более чем на два порядка точнее амплитудных измерений. Помимо этого спектр отраженного сигнала существенно отличается от спектра излученного сигнала. Например, изменяется его длительность. Все это происходит вследствие того, что граничные условия являются дисперсионными, т.е. частотно зависимыми. Анализируя спектральные составляющие сигналов, возникает еще одна дополнительная возможность косвенных измерений влажности и липкости почвы.

Экспериментальные исследования проводились следующим образом. Образцы представляли собой садовую почву и обычный речной песок. В них равномерно вносился определенный процент воды. Измерительная установка была идентична рассмотренной. УЗП на 3,5 МГц возбуждался от генератора прямоугольным импульсом длительности $\tau = 0,15$ мкс. На рис. 4 представлены зависимости коэффициента отражения импульсного сигнала от влагосодержания. Видна достаточно высокая чувствительность предлагаемого метода к определению влажности почвы и весьма низкая чувствительность к определению влажности песка, что мы связываем с однородностью его химсостава, а резко выраженный скачок объясняем полным заполнением его пор. Учитывая, что современные АЦП способны производить квантование амплитуды сигнала 2^{12} , теоретически может быть достигнута точность определения влагосодержания не менее 10^{-2} %. Необходимо провести более полные фазовые и спектральные измерения излученного и принятого сигналов, потому что может оказаться, что какой-то из вышеупомянутых параметров окажется более чувствительным к изменению влагосодержания.

Ультразвуковые неразрушающие методы и средства диагностики материалов, изделий, окружающей среды и веществ нашли и находят обширное применение в различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве и

экологии. Предложенный метод и его экспериментальная реализация на имеющийся в нашем распоряжении малочувствительной ультразвуковой установке позволяет фиксировать влажность садовой почвы по амплитуде отраженного сигнала с приемлемой для полевых исследований точностью.

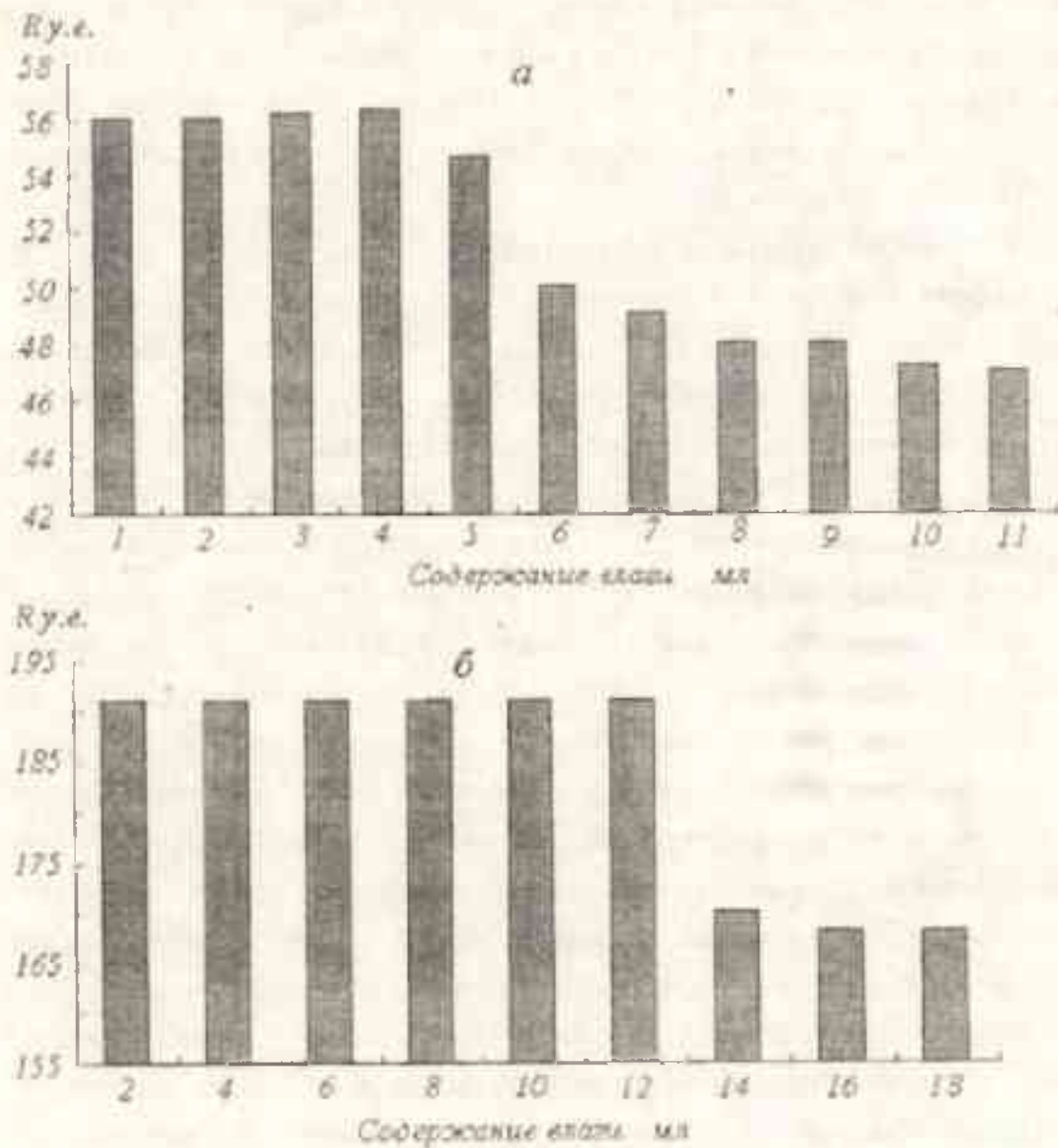


Рис. 4. Зависимость коэффициента отражения от влагосодержания. а - садовый грунт; б - речной песок (объем 48 см³).

Разумно в дальнейшем разработать прибор, реализующий данный метод, многофункционального назначения, позволяющий по заложенным в его центральный процессор градуировочным кривым измерять влажность, концентрацию веществ, вязкость и т.д. согласно вышеуказанным аспектам акустики СДС. Прибор будет состоять из следующих блоков: ультразвуковой пьезокерамический преобразователь, блок питания от сети

и продублировано автономное питание от батареек, блок усиления и предварительной обработки сигналов, процессор с требуемой градуировочной кривой и встроенной памятью, ЖКИ, порт ввода/вывода на персональный компьютер. Датчик прибора без конструктивных изменений может быть заменен на оптоэлектронный или химический, которые по сравнению с пьезокерамическим могут оказаться предпочтительней или вообще незаменимы при измерениях жидкости, кислотности, белка и других компонент молочных продуктов, выбросов вредных веществ в окружающую среду и сточные воды и т.д.

Сильно загрязненные различными отходами сточные воды (СВ) представляют серьезную экологическую угрозу для окружающей среды. Оценка состава СВ необходима для их обезвреживания и утилизации. Принятые в настоящее время химические, рентгеновские и оптико-спектроскопические методы анализа проб воды, выполняемые в лабораторных условиях, требуют значительных аппаратных, энергетических и временных затрат. По своим физико-химическим свойствам СВ в сравнении с природной водой содержат не только значительное количество растворенных в них органических и неорганических веществ, но и их нерастворимые коллоидные взвеси. Данное обстоятельство позволяет рассматривать СВ с точки зрения прозвучивания ультразвуком, как СДС.

Таким образом, имеется возможность достаточно простым в реализации средством ультразвуковой фазо-частотной спектроскопии измерять процентное содержание переносимых водой в канализационной трубе или сточной канаве коллоидных взвесей, а также растворенных в ней примесей. Методами обратной задачи путем численного компьютерного эксперимента по величине излучаемого и принимаемого сигналов можно оценить процентный состав отдельных ядовитых и зловонных компонент. Для большей детализации помимо УЗП в предложенном приборе для этих целей могут быть применены оптоэлектронный и химический датчики. При этом используются полученные в лабораторных условиях корреляционные зависимости спектральных характеристик сигнала от процентного и химического состава включений в воде. Предлагаемый способ, несмотря на его функциональные ограничения, является быстрым, выполнимым в натуральных условиях, так как используемое программное обеспечение может быть перенесено в процессор автономного переносного прибора.

Подводя итог, следует здесь сказать, что созданы основы применения методов акустики СДС к оперативному решению многочисленных задач промышленности, сельского хозяйства и экологии. Результатом является переход от дорогостоящих химических, рентгеновских и оптико-спектроскопических аналитических средств, выполняемых в лабораторных условиях и требующих значительных аппаратных, энергетических и временных затрат, к относительно дешевым и выполняемым в полевых условиях акустическим спектроскопическим средствам. Конечно, такие средства не решают все имевшие место или возникающие проблемы, но заметного ускорения в оперативности решения большинства проблем стоит ожидать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградова М. Б., Руденко О. В., Сухоруков А. П. Теория волн. / М.: Наука. 1990. 432 с.
2. Дьелесан Э., Руайе Э. Упругие волны в твердых телах / М.: Наука. 1982. 424 с.
3. Костюк Д. А., Кузавко Ю. А. Акустические импульсные исследования при моделировании пар трения. / Современные направления развития производственных технологий и робототехника. Международная научно-техническая конференция, Могилев, 22 - 23 апреля 1999. с. 186
4. Костюк Д. А., Кузавко Ю. А. Особенности отражения акустических продольных волн от границы с диссипативной средой // "Вестник Брэсцкага ўніверсітэта", №4, 2000. - С. 56 - 69.
5. Костюк Д. А. Моделирование распространения продольного звука в слоистой структуре, содержащей слой диссипативной среды. / Труды региональной конференции молодых ученых и студентов "Современные проблемы математики и вычислительной техники". Брест, 1999. - С. 69 - 72.
6. Костюк Д. А., Кузавко Ю. А. Особенности граничного отражения поперечных волн от диссипативной среды. // "Вестник БГТУ. - Машиностроение, автоматизация, ЭВМ", №4, 2000. - С. 48 - 51.
7. Kostiuk D. A., Kuzavko Yu. A. Anomalies of reflection of acoustic pulses from boundary with strong dissipative medium. / Proceedings of international conference on neural networks and artificial intelligence. Brest. 12 - 15 October, 1999. - P/ 183 - 188.

Казахский НИИ мониторинга окружающей среды и климата, Алматы

Отдел проблем Полесья АН Беларуси, Брест

Брестский государственный технический университет, Брест

Институт радиотехники и электроники РАН, Москва

**ҚАТТЫ ДИССИПАТИВТІК ОРТАЛАР АКУСТИКАСЫН
ӨНДІРІСТІК, АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ
МІНДЕТТЕРДІ ОРЫНДАУ ҮШІН ҚОЛДАНУ: ЖАҒДАЙЫ,
КЕЛЕШЕГІ ЖӘНЕ БОЛЖАМ**

Геогр. ғылымд. канд.	М.Ж. Бүрлібаев
Геогр. ғылымд. канд.	А.А. Волчек
Техника ғылымд. канд.	Д.А. Костюк
Техника ғылымд. канд.	Ю.А. Кузавко

Қатты диссипативтік орталар акустикасы әдістерін (ҚДО) тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің, ауыл шаруашылығы және экологияның диагностикалық міндеттерін шешу үшін қолдану мәселесі қарастарылған. ҚДО-дан акустикалық толқынның аномальды қайтарылуы тиімділігі теориясы қарастырылған. Топырақ, грунттар мен ұнтақ материалдардың ылғалдылығын өлшеу; ағынды сулардың ластану дәрежесін анықтау; азық-түлік сусын және т.б. тағамдардың даярлығын анықтау міндеттері қарастырылған. Жоғарыда көрсетілген өлшемдердің өлшеуге арналған калибрлік қисықтар енгізілетін қайта программаланатын процессоры бар универсалды автономиялы тасымал аспапты жасау ұсынылған.

УДК 551.311.2

**ЗАГАДКА ЛЕССОВОГО ПОКРОВА КОНУСОВ ВЫНОСА РЕК
СЕВЕРНОГО СКЛОНА ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ**

Канд. геогр. наук Р.К. Яфязова

В результате рекогносцировочных обследований лессового покрова, образовавшегося в период вюрмского оледенения и перекрывающего предгорную зону, было выявлено, что даже в пределах одного конуса выноса состояние лессового покрова различно. Установлено, что это различие связано с неравномерным разрушением лессового покрова. В статье сделана попытка объяснить причины, вызвавшие разрушение лессового покрова.

Конусы выноса основных рек северного склона Заилийского Алатау, расположенные на предгорной равнине, образовались преимущественно в результате отложения селей. Возраст конусов, замыкающих долины рек западной части хребта, к ним относятся реки Аксай, Каскелен, Чемолган, Узункаргалы и Каракастек, около 400. . . 500 тыс. лет. Конусы рек Большая и Малая Алматинки, Талгар, Есик и Тургенъ начали формироваться около 1 млн лет назад [1, 2, 3, 7, 9].

Периодом наиболее интенсивного роста объемов конусов выноса была часть рисс-вюрмского межледниковья, продолжительность которого составляла 20. . . 30 тыс. лет, благоприятная для формирования селей. В этот период объемы конусов выноса западной части Заилийского Алатау увеличились в несколько раз и достигли примерно таких размеров, какие мы наблюдаем в настоящее время. В этот же период времени объемы конусов выноса восточной и центральной частей хребта увеличились примерно в два раза [9]. Поскольку в ледниковые периоды селевая деятельность почти прекращается, конусы выноса в это время покрываются золовыми отложениями, которые трансформируются в лессы [3, 4, 5, 6]. Последний лессовый покров на конусах выноса северного склона Заилийского Алатау формировался в период вюрмского оледенения.

На топографических картах М 1:100000 и крупнее можно видеть, что рельеф упомянутых конусов выноса различен. Сильная расчлененность западной части конуса выноса р. Каракастек и восточной половины конуса выноса р. Узункаргалы (рис. 1) обусловлены оврагообразованием на сохранившихся толщах лессового покрова, мощностью более 20 м. На других частях этих конусов лессовый покров практически разрушен.

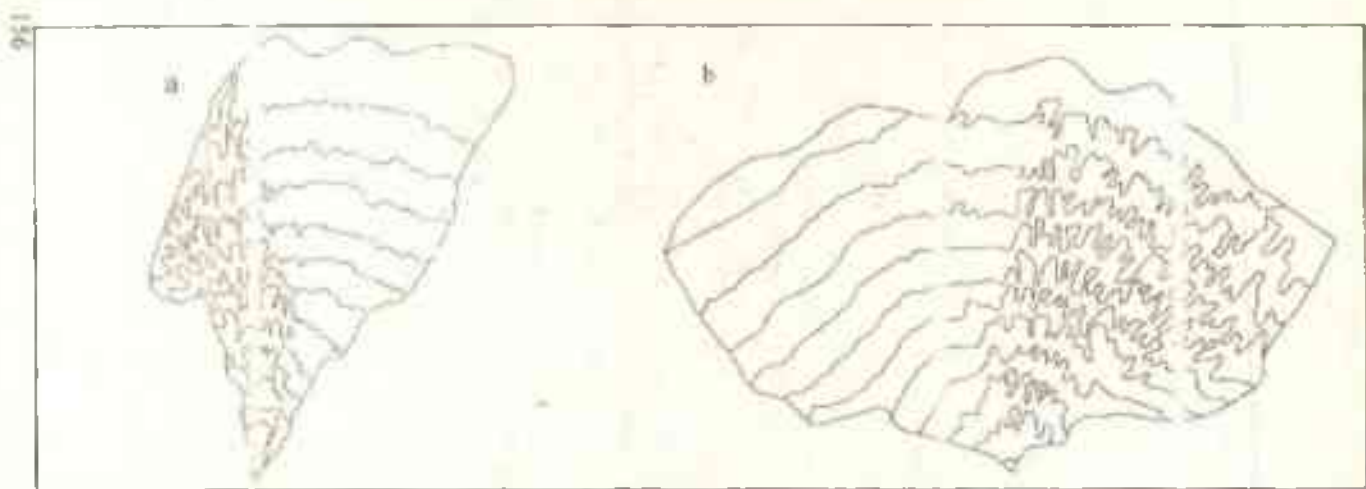


Рис. 1. Конусы выноса. а - р. Каракастек; б - р. Узункаргалы.

На конусе выноса р. Чемолган наиболее разрушен лессовый покров западной части, а на конусе р. Каскелен - центральной. На р. Аксай мощная толща лесса сохранилась лишь в восточной части конуса выноса (до 20 м), а на конусах выноса рек Большая и Малая Алматинки мощность сохранившегося лесса не превышает 3. . . 4 м. Характер извилистости горизонталей на конусе выноса р. Талгар позволяет сделать вывод о том, что большая часть его площади перекрыта лессовым покровом, мощность которого не превышает 5. . . 7 м. Степень разрушения лесса на западной половине конуса выноса р. Есик значительно выше, чем на восточной, где мощность лесса достигает 10 м. На большей части конуса выноса р. Тургень лессовый покров разрушен, сохранившиеся участки лесса расположены в зоне сочленения конусов выноса рек Есик и Тургень.

Поскольку не существует физических предпосылок для того, чтобы лессовый покров формировался только на какой-либо части конусов выноса, существующее распределение мощности лесса можно объяснить следующим образом:

- лессовый покров формировался на всей площади конусов выноса, а затем подвергался частичному разрушению;

- лессовый покров формировался на всей площади конусов, а затем на части конусов был полностью разрушен; впоследствии на разрушенных площадях вновь произошло накопление лесса, но его мощность была уже значительно меньше.

Первая ситуация представляется почти нереальной, так как разрушение лессового покрова могло произойти только в результате размыва водными или селевыми потоками. Следовательно, на поверхности сохранившихся лессов должны были остаться влекомые наносы водных потоков, либо отложения селей. Ни того, ни другого не наблюдается. Почти невероятно и то, что мог иметь место равномерный размыв 80 % толщи лессовых отложений на площадях в десятки квадратных километров.

Расчет объемов воды, необходимых для выноса лесса с поверхности конусов выноса, показывает, что он соответствует 5. . . 10 годовым стокам соответствующих рек. Это обстоятельство позволяет утверждать, что разрушение лессового покрова не связано с какими-либо катастрофическими явлениями: прорывами высокогорных озер, выдающимися ливнями и селями. С учетом сказанного вторая ситуация становится единственно возможной.

На рис. 2 приведены фрагменты сценария разрушения лессового покрова на одном из конусов выноса северного склона Заилийского Алатау. Сечение конуса выноса в конце ледниково-межледникового периода приведено на рис. 2а: река течет в русле, сформированном в аллювиально-пролювиальных отложениях, в результате паводков или постселевых явлений. Наступление вюрмского ледникового периода привело к уменьшению расхода взвешенных и, особенно, влекомых наносов.

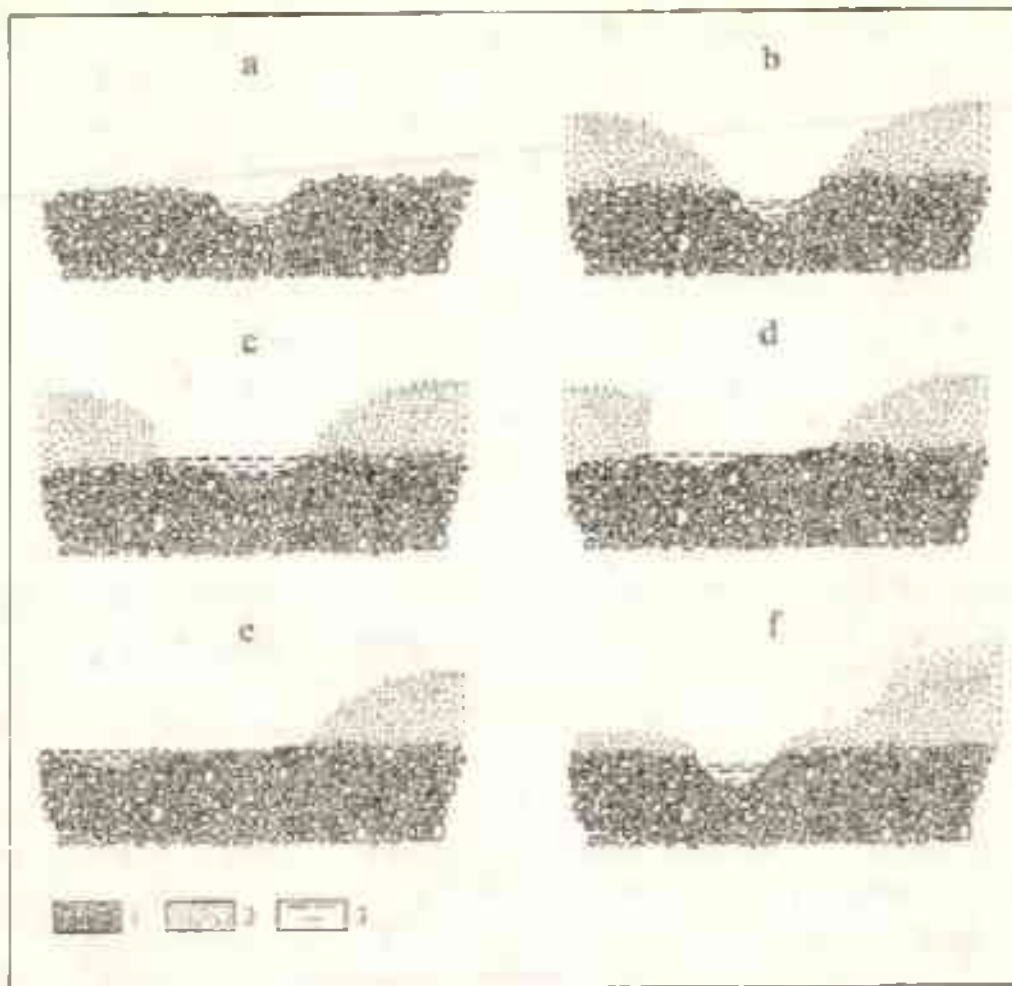


Рис. 2. Накопление и разрушение лессового покрова в процессе формирования аллювиального конуса выноса. а, б, с, д, е, ф - этапы эволюции лессового покрова. 1 - пролювий; 2 - лесс; 3 - вода.

В течение десятков тысяч лет положение русла не изменялось, на поверхности конуса выноса происходило отложение частиц золотого тельца. Со временем эти отложения трансформировались в лессы (рис. 2б).

Во время одного из последних потеплений (Беллинг [8]), имевших место в вюрме, в результате селевых явлений или увеличения расхода влекомых наносов, либо резкого изменения режима твердого стока русло заполнилось наносами. Вследствие того, что водный поток не вмещался в русло, вода текла по поверхности отложений рисс-вюрмского межледникового, разрушая лессовые отложения, например, левого борта и унося их за пределы конуса выноса (рис. 2с). Так в течение нескольких лет, в процессе формирования аллювиального конуса выноса [10], происходило разрушение лессового покрова на части площади конуса выноса (рис. 2д).

В результате мощных паводков или постселевых явлений на конусе выноса вновь сформировалось достаточно глубокое русло, по которому водный поток мог перемещать наносы на периферию конуса выноса (рис. 2е). При этом вновь создались условия для отложения лессов на поверхности размывной части конуса выноса; продолжалось отложение лес-

сов и на поверхности не разрушенной части лессового покрова конуса выноса (рис. 2f).

Активизация селевых явлений в голоцене приводила к частичному уничтожению лессового покрова, в некоторых случаях селевые отложения перекрывали маломощный лессовый покров. Однако из-за незначительной активности селей в голоцене, по сравнению с рисс-вюрмским межледниковьем, до настоящего времени на большей части площадей конусов выноса лессовый покров сохранился.

Если предположить, что накопление лесса в вюрме происходило равномерно, можно оценить время, когда имело место частичное разрушение лессового покрова на конусах выноса северного склона Заилийского Алатау.

Из соотношения мощности лессового покрова на не разрушенной части конуса выноса р. Аксай (~ 20 м) и мощности "вторичного" лессового покрова на разрушенной части конуса (2...3 м) следует, что разрушение лессового покрова произошло за 5...7 тыс. лет до наступления голоцена, т.е. 16...18 тыс. лет назад. Наиболее вероятной причиной разрушения лессового покрова на конусах выноса явилось резкое изменение режима твердого стока, вызванного, скорее всего, сейсмическими явлениями.

Изучение лессового покрова на конусах выноса делает возможным стратиграфическое расчленение отложений наносов, что позволяет оценить селевую активность в зависимости от изменения глобального климата, реконструировать геологическое прошлое Заилийского Алатау.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галицкий Н.В. К теории формирования долин // Изв. АН КазССР. Сер. геол. - Вып. 3 (36). - Алма-Ата, 1959 - С. 89 - 98.
2. Жандаев М.Ж. Палеогеографические условия формирования гидрографической сети и речных долин Заилийского Алатау / Проблемы физической, экономической и медицинской географии Казахстана. - Алма-Ата, 1967. - С. 26 - 34.
3. Илийская долина, ее природа и ресурсы / Под общей редакцией М.И. Ломоновича. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1963. - 341 с.
4. Колотилин Н.Ф. К вопросу о генезисе лессовых пород в предгорьях Заилийского Алатау // Изв. АН КазССР. - № 121. - Сер. геол. - Вып. 17. - Алма-Ата, 1953. - С.34 - 39.
5. Ломонович М.И. Осадочная зональность в составе лесса Заилийского Алатау // Изв. АН КазССР. - № 103. - Сер. геол. - Вып. 13. - Алма-Ата, 1951. - С. 69 - 81.
6. Ломонович М.И. Происхождение лесса Заилийского Алатау // Изв. АН КазССР. - № 124. - Сер. геол. - Вып. 17. - Алма-Ата, 1953. - С. 48 - 76.
7. Медеуов А., Колотилин Н.Ф., Керемкулов В.А. Сели Казахстана. - Алматы: Гылым, 1993. - 159 с.
8. Монин А.С. История Земли. - Л.: Наука, 1977. - 228 с.

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

ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ СОЛТҮСТІК БӨКТЕРІНДЕГІ ӨЗЕНДЕР ЫСЫРЫНДЫ КОНУСТАРЫНЫҢ САРЫ ТОПЫРАҚ ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ КҮПИЯСЫ

Геогр. ғылымд. канд. Р.К. Яфязова

Вюрм мұздақтануы кезеңінде пайда болып, тау бөктеріндегі аймақты жауып алған сары топырақ жамылғысын алдын ала бақылап зерттеу нәтижесінде ысырындының бір конусы шегінде де сары топырақ жамылғысы әр түрлі болатындығы анықталды. Бұл айырмашылықтың сары топырақ жамылғысының әр жерде әр түрлі бұзылатындығымен байланыстылығы табылды. Мақалада сары топырақ жамылғысының бұзылуын тудызып отырған себептерді түсіндіру әрекеті жасалған.

УДК 631.458.632.12

ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВ: СОСТОЯНИЯ И ПРОБЛЕМЫ

Доктор геогр. наук М.Е. Бельгибаев
А.М. Бельгибаев

Рассматриваются основные виды нарушений почвенного покрова на территории Северного Казахстана, их причины и последствия. Предлагается ряд мероприятий по стабилизации и рациональному использованию почв степной зоны.

Деградация почв, как и других компонентов ландшафта, влечет за собой многие негативные последствия: снижение биологической продуктивности, сокращение генофонда растений и животных (проблемы биоразнообразия), нарушение биогеохимических циклов, почвообразовательного процесса, стока, величины альбедо земной поверхности, а также к усилению аридизации суши. Перечисленные процессы и явления в конечном итоге могут привести к опустыниванию территории, что губительно отражается на социально-экономическом и демографическом состоянии населения региона.

Следует выделять основные факторы (и процессы) деградации почв: сельское хозяйство; промышленность; энергетика; урбанизация; транспорт; разработка месторождений полезных ископаемых; строительство; выбросы бытовых отходов; туризм, отдых, рыболовство и охота; аридизация климата и суши [5].

По интенсивности влияния (воздействия) и охвату по площади первое место занимает сельскохозяйственное производство (обработка почв, посев и уборка урожая, в целом все виды влияния сельскохозяйственных машин и почвообрабатывающих орудий). Различают физическую, химическую и биологическую деградацию почв. Мы остановимся на первой – физической деградации и ее последствиях, как на самой распространенной в сельскохозяйственном производстве. Речь идет о проявлении водной и ветровой эрозии (дефляции) почв.

Почвы степной зоны Казахстана в наибольшей степени были подвержены дефляции в результате неправильной их обработки в период ос-

восня целинных и залежных земель (после 1954 года). Почвенно-дефляционные исследования одного из авторов в данном регионе позволили составить почвенно-дефляционную карту Северного Казахстана в масштабе 1:1000000. На карте показана степень податливости и фактической дефлированности почв к началу 80-х годов прошлого века [4]. Общая площадь дефлированных почв составляла 19117,9 га, из них слабodeфлированные – 14067,0 га (73,5%), среднедефлированные – 4445,3 га (23,25%) и сильнодефлированные – 605,6 тыс. га (3,16%). Классификация дефлированных почв проводилась по работе [1]. Площади дефлированных почв по подзонам приведены в табл. 1.

Таблица 1

Площади дефлированных почв Северного Казахстана, тыс. га / %

Почвы	Степень дефлированности		
	слабо	средне	сильно
Черноземы	5512,2 / 39,3	362,1 / 8,2	-
Темно-каштановые	5103,7 / 36,2	1687,9 / 38,0	117,6 / 19,5
Каптановые	1961,6 / 13,9	1477,8 / 33,2	84,1 / 13,8
Светло-каштановые	95,8 / 0,7	834,6 / 18,7	107,3 / 17,8
Бурые	403,7 / 2,9	82,9 / 1,9	-
Пески	-	-	296,6 / 48,9
Солонцы степные	990,0 / 7,0	-	-
Всего	14067,0	4445,3	605,6

Естественно, почвенный покров находится в динамике и развитии (естественная эволюция), а также подвержен трансформации и негативным экзогенным процессам под влиянием хозяйственной деятельности. В табл. 2 приведены данные по площади эродированных сельскохозяйственных угодий по состоянию на 2000 год [7]. Данные табл. 2 показывают значительное снижение дефлированных почв на пашне, если эти данные достоверны (2000 года). Дело в том, что в последнее десятилетие резко сократилось проведение в республике почвенных и геоботанических исследований (в основном по линии Государственного научно-производственного центра земельных ресурсов и землеустройства).

В Государственном национальном докладе [7] отмечается, что в 2000 году полевые почвенные обследования выполнены всего на площади 413,5 тыс. га в Акмолинской и Карагандинской областях. В связи со зна -

Таблица 2

Площади эродированных сельскохозяйственных угодий, тыс. га [7]

Область	Смытые		Дефлированные		Поврежденные, совместно водной и ветровой эрозией		Итого эродированных				
	всего с/х угодий	в т.ч. пашни	всего с/х угодий	в т.ч. пашни	всего с/х угодий	в т.ч. пашни	всего с/х угодий	в том числе			
								пашни	из них		
									слабо	средне	сильно
Акмолинская	561,0	287,6	1,5	0,5	0,0	0,0	562,5	288,1	255,9	22,2	10,0
Актюбинская	473,1	12,5	2101,1	5,2	8,3	1,2	2582,5	18,9	17,5	1,4	0,0
Алматинская	802,4	65,9	4988,7	84,8	0,0	0,0	5791,1	150,7	124,6	25,3	0,8
Атырауская	0,0	0,0	3185,8	0,0	0,0	0,0	3185,8	0,0	0,0	0,0	0,0
В. - Казахстан- ская	419,5	130,2	862,2	8,7	1,4	0,0	1283,1	138,9	131,2	7,7	0,0
Жамбылская	352,6	100,9	2849,0	1,0	0,0	0,0	3201,6	101,9	91,5	10,4	0,0
З. - Казахстан- ская	279,8	2,7	2062,2	6,1	187,8	0,0	2529,8	8,8	7,8	1,0	0,0
Карагандин- ская	140,9	39,6	854,6	39,5	0,0	0,0	955,5	79,1	62,7	15,1	1,3
Кызылордин- ская	2,9	0,0	2914,1	0,0	0,0	0,0	2917,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Окончание табл.

Область	Смытые		Дефлированные		Поврежденные, совместно водной и ветровой эрозией		Итого эродированных				
	всего с/х угодий	в т.ч. пашни	всего с/х угодий	в т.ч. пашни	всего с/х угодий	в т.ч. пашни	всего с/х угодий	в том числе			
								пашни	из них		
									слабо	средне	сильно
Костанайская	160,2	39,3	611,6	2,0	0,0	0,0	771,8	41,3	31,0	10,0	0,3
Мангистау- ская	801,7	0,0	656,9	0,0	0,0	0,0	1458,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Павлодарская	0,6	0,0	1472,2	410,7	0,0	0,0	1472,8	410,7	222,1	188,6	0,0
С. - Казах- станская	49,9	26,1	0,0	0,0	0,0	0,0	49,9	26,1	19,9	5,9	0,3
Ю. - Казах- станская	957,4	230,7	3108,7	1,1	0,0	0,0	4066,1	231,8	212,3	19,1	0,4
г. Астана	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
г. Алматы	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
ИТОГО:	5003,4	935,5	25668,6	559,6	197,5	1,2	30869,5	1496,3	1176,5	306,7	13,1

Примечание: В графу слабо эродированные, включены площади земель подверженные совместному проявлению процессов водной и ветровой эрозии.

чительным сокращением объемов изысканий нарушаются сроки обновления материалов, остро стоит проблема старения почвенных и геоботанических материалов [7]. В этом же докладе приводятся следующие данные: "Земель подверженных ветровой эрозии (дефлированных) насчитывается 25,7 млн га, из которых 63,2% подвержены дефляции в сильной степени, 25,1% - среднедефлированные и 11,7% имеют слабую степень дефлированности".

Площади нарушенных земель Республики Казахстан представлены в табл. 3 [7]. В ней выделены земли, нарушенные при разработке месторождений полезных ископаемых и при геологоразведочных работах, а также при проведении строительных работ. Наибольшая площадь нарушенных земель при разработке месторождений отмечается в Карагандинской, Костанайской, Мангистауской, Акмолинской и Павлодарской областях. При проведении строительных работ наибольшая площадь нарушенных земель наблюдается в Костанайской и Акмолинской областях. Известно, что в последние годы идет бурное строительство в Астане и Акмолинской области.

Интенсивность разрушения, загрязнения и деградации почвенного покрова происходит очень быстрыми темпами. Для формирования зрелого полного профиля почв в степной зоне республики требуется в среднем не менее 1000 – 1500 лет (черноземы обыкновенные). Разрушение и деградация почв происходит всего за несколько десятилетий (40 – 50 лет) (рис.).

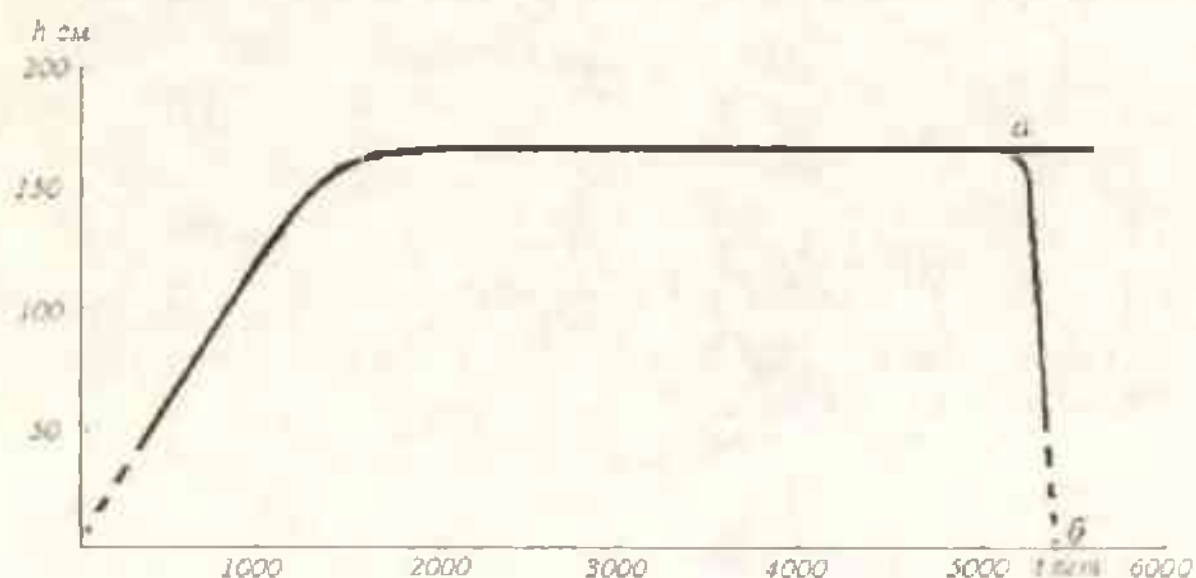


Рис. Динамика естественного почвообразовательного процесса и антропогенной ускоренной деградации почвенного покрова под влиянием эрозии и дефляции почв. а, б – антропогенная ускоренная деградация и разрушение почвенного покрова.

Площади нарушенных земель Республики Казахстан, тыс.га [7]

Область	Всего			в том числе					
				при разработке месторождений полезных ископаемых и их переработке, а также при геологоразведочных работах			при проведении строитель- ных работ		
	1990 г	1995 г	2000 г	1990 г	1995 г	2000 г	1990 г	1995 г	2000 г
Акмолинская	16,7	15,8	16,5	5,2	9,5	4,1	11,5	6,3	12,4
Актюбинская	19,1		12,9	10,4		4,7	8,7		8,2
Алматинская	1,9	3,3	3,3		1,2	1,1	1,9	2,1	2,2
Атырауская	1,1	1,9	1,6	1,1	1,8	0,5		0,1	1,1
В. - Казахстанская	7,8	11,3	11,6	5,4	6,9	7,2	2,4	4,4	4,4
Жамбылская	2,7	6,3	6,4	2,0	5,6	5,6	0,7	0,7	0,8
З. - Казахстанская	1,7		1,0	0,1		1,0	1,6		
Карагандинская	38,7	42,9	44,8	29,0	34,7	39,0	9,7	8,2	5,8
Кызылординская	4,4		3,4	1,0		0,4	3,4		
Костанайская	24,4	27,7	29,6	14,1	14,8	16,5	10,3	12,6	13,1

Окончание табл.

Область	Всего			в том числе					
				при разработке месторождений полезных ископаемых и их переработке, а также при геологоразведочных работах			при проведении строительных работ		
	1990 г	1995 г	2000 г	1990 г	1995 г	2000 г	1990 г	1995 г	2000 г
Мангистауская	24,8	8,1	21,2	24,8	6,4	12,4		1,7	8,8
Павлодарская	22,1	23,0	15,9	13,3	11,0	10,8	8,8	12,0	5,1
С. - Казахстанская	0,6	14,4	7,6	0,1	3,3	0,6	0,5	11,1	7,0
Ю. - Казахстанская	0,2	0,7	1,7	0,2	0,7	0,1			1,6
г. Астана									
г. Алматы			0,5			0,4			0,1
ИТОГО:	166,2	155,1	178,0	106,7	95,9	104,4	59,5	59,2	73,6

За последние 45 – 47 лет в почвах степной зоны в результате деградации почв (в основном под влиянием дефляции и эрозии) потеряно до 30 – 35% гумуса. Подобные темпы потери содержания гумуса (основного элемента плодородия) очень настораживают и даже призывают бить тревогу. Причем такая тенденция, но с несколько более низкими темпами деградации, отмечается во многих странах мира (в Азии, Европе, на Американском континенте). Происходит глобальный процесс деградации и дегумификации почв и почвенного покрова.

В 1983 году была опубликована “Всемирная почвенная политика” (“World Soil Policy”, UNEP, Nairobi, 1983). Этот международный документ и “Программы по выполнению Всемирной почвенной политики (задачи и ожидаемые результаты)” опубликованы в журнале “Почвоведение”, 1984, №1. В “Программы...” включен большой круг вопросов, касающихся классификации, оценки, прогнозу и рациональному использованию и охране почвенных ресурсов. Приведем лишь некоторые разделы, относящиеся к деградации почв:

1. разработка и апробирование методов оценки подверженности эрозии, эродирующей способности и деградации почв;
2. апробирование и принятие всеми странами единой методики оценки и мониторинга деградации почв;
3. разработать теорию антропогенных почвенных процессов как важную и необходимую часть общего почвоведения и обеспечить основу для разработки всемирной и национальной почвенной политики;
4. поиск и внедрение совершенных систем земледелия для уязвимых экосистем;
5. разработать руководство по составлению, реализации и оценке проектов освоения и рекультивации деградированных земель;
6. разъяснения на всех уровнях важности проблем деградации земель и охраны почв.

Анализ опубликованных материалов показывает, что проблемы деградации земель, их теоретические основы изучения разработаны еще недостаточно. Одной из главных проблем в этом направлении являются разработка общей методики изучения и прогнозирования деградации различных таксономических групп (единиц) почв в пространстве (по контурам) и во времени. Деградация почв и почвенного покрова (в настоящее и будущее время) выходит далеко за рамки защиты почв от эрозии и дефля-

ции, а также рекультивации нарушенных земель. Это крупная национальная, стратегическая, научно-техническая и производственная проблема в почвоведении и других научных направлениях (география, экология, геоэкология, ботаника, ландшафтоведение, гидрометеорология, геоморфология, геохимия ландшафта, агроэкология, лесоводство, земледелие и др.) на очень длительный период времени, возможно, одна из "вечных" проблем.

В республике в ряде регионов проводятся работы по рациональному использованию почв. Разработана адаптированная агроландшафтная система обработки почв, которая находится пока на стадии апробации и проверки. При этом необходимо учитывать многообразие типов и различий почвенно-климатических условий на обширной территории Казахстана. Одна единая система обработки почв вряд ли будет приемлема для различных природных зон и подзон, подобно тому, как почвозащитную систему земледелия, разработанную в бышем Всесоюзном институте зернового хозяйства, пытались применять во всех почвенно-климатических зонах. Почвозащитная система не может быть единой и сплошной для обширных степных пространств Казахстана, занимающая около 80 млн. га, (сельскохозяйственные угодья). Она должна иметь свои местные особенности, связанные с ландшафтно-экологическими условиями, с учетом почв (механический состав, солонцеватость, степень засоления и другие свойства), рельефа местности, климатических условий для каждого крестьянского хозяйства. Ландшафтно-экологический подход необходимо применять и при картографировании почв хозяйств, районов и областей республики [6].

Использование земельных ресурсов различными категориями собственников в 2000 году показано в табл. 4 [7]. Количество крестьянских (фермерских) хозяйств составляет 105088 с общей площадью земель 29798,1 га (средняя площадь одного хозяйства 283,5 га); 6353 негосударственных сельскохозяйственных юридических лиц владеют площадью земель – 60033,7 га (средняя площадь земель одного юридического лица равна 9449,6 га). Таким образом, за крестьянскими хозяйствами и негосударственными сельскохозяйственными юридическими лицами закреплено 96,6%, а за государственными сельскохозяйственными организациями – 3,4% земель от земельного фонда сельскохозяйственного назначения 2000 года [7].

Учитывая данное положение и наличие земельных ресурсов в собственности негосударственных сельскохозяйственных юридических лиц и

Состав хозяйствующих субъектов в аграрном секторе [7]

Категории хозяйствующих субъектов	1995 год			1999 год			2000 год		
	Кол-во	Площадь		Кол-во	Площадь		Кол-во	Площадь	
		Тыс. га	%		Тыс. га	%		Тыс. га	%
1. Крестьянские фермерские хозяйства	31 055	13 317,4	6,8	90 934	29 320,4	27,5	105 088	29 798,1	32,1
2. Негосударственные сельскохозяйственные юридические лица - всего	3 506	147 355,5	75,7	6 546	74 019,8	69,4	6 353	60 033,7	64,5
Из них:									
- колхозы	400	14 701,9	7,5						
- хозяйственные товарищества и акционерные общества				2 947	46 063,6	43,2	3 098	40 648,4	43,7
- сельскохозяйственные производственные кооперативы	286	5 583,4	2,9	2 225	25 887,9	24,3	1 915	17 753,2	19,1

Окончание табл.

Категории хозяйствующих субъектов	1995 год			1999 год			2000 год		
	Кол-во	Площадь		Кол-во	Площадь		Кол-во	Площадь	
		Тыс. га	%		Тыс. га	%		Тыс. га	%
- другие негосударственные организации	2 820	127 070,2	65,3	1 374	2 068,3	1,9	1 340	1 632,1	1,7
3. Государственные сельскохозяйственные организации - всего	2 350	34 029,6	17,5	1 597	3 276,5	3,1	1 678	3 151,3	3,4
Из них:									
- совхозы	329	24 982,0	12,9						
- НИИ учреждения и учебные заведения	342	2 370,0	1,2	609	1 661,4	1,6	593	1 547,8	1,7
- подсобные сельхозпредприятия	1 384	2 007,8	1,0	747	533,3	0,5	814	505,8	0,5
- другие государственные предприятия	295	4 669,8	2,4	241	1 081,8	1,0	271	1 097,7	1,2

крестьянских хозяйств необходима разработка в законодательном порядке основ контроля и управления состоянием земель, их рационального использования и охраны. Эти вопросы стратегического значения в целях сохранения основного нашего богатства – земельных ресурсов – ставились и другими авторами [9].

В настоящее время большинство видов работ по использованию почв в сельском хозяйстве сосредоточены в крестьянских хозяйствах, имеющих сравнительно небольшие площади земель (в среднем около 300 га). С экологических позиций, а также для сохранения почв желательно развивать защитное лесоразведение (с плодово-ягодным набором) на границах земель крестьянских хозяйств [3]. Постепенно надо создавать сеть живых изгородей, ограждающих участки возделываемой и используемой земли (экотоны). Роль последних общеизвестна, как в экологическом, эстетическом, так и в хозяйственном плане. Такая сеть живых изгородей раскинулась по всей Англии, во многих странах Европы. Такие живые изгороди в первую очередь будут охранять почву от пыльных бурь, суховеев, водной эрозии, помогут увеличить и сохранить влагу (снеговую и дождевую). В степной зоне они могут служить очень важным экологическим каркасом агроландшафта. Концепция экологического каркаса агроландшафта рассмотрена в работе [12], однако авторы ведут речь о поддержке в хорошем состоянии естественных элементов экологической инфраструктуры (лесных, луговых, кустарниково-степных, водно-болотных и других природных урочищ и местностей, входящих в состав лесо-лугово-полевых агроландшафтов). Речь в ней идет о лесостепной зоне Воронежской области. Для степной безлесной зоны Казахстана наиболее важное теоретическое и практическое значение имеет наше предложение *о создании экологического каркаса агроландшафта в виде живой изгороди и лесополос*.

Для предотвращения деградации земель очень важную роль должен выполнять научно-производственный мониторинг и его подсистемы в зависимости от категории земель. При этом особая роль отводится региональному мониторингу для районов с негативной экологической ситуацией [2, 8, 10].

Выше было отмечено, что нарушаются сроки обновления материалов почвенных обследований и остро стоит проблема старения почвенных и геоботанических материалов. В связи с этим необходимо широко применять апробированный во многих природных зонах ускоренный метод составления почвенных и других тематических карт путем использования и дешифрирова-

ния аэрокосмических снимков разного масштаба. Использование аэрокосмических материалов для дешифрирования и картирования почвенного покрова особенно важен и эффективен для обширной аридной зоны Казахстана.

Агентством Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами реализуется проект по созданию и ведению автоматизированной информационной системы земельного кадастра Республики Казахстан (АИС ЗК РК). Во многих странах мира проводятся работы по созданию качественно новых типов почвенных компьютерных баз данных (БД) на основе технологий географических информационных систем (ГИС). В работе [11] изложены общие сведения, принципы строения и особенности компиляции географической информационной системы инвентаризации данных о почвенном покрове России и его деградированности в результате антропогенного воздействия. Желательно было бы внедрить и использовать подобную ГИС в Агентстве Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами и других заинтересованных организациях республики.

Охрана земель и контроль за их использованием предусмотрены в недавно принятом законе Республики Казахстан "О земле" (24 января 2001 г. №152 – II ЗРК), статья 106, 107.

Особое внимание следует уделять разработке мероприятий по восстановлению, охране и повышению плодородия антропогенно-преобразованных почв. Необходимо проводить обобщение материалов по восстановлению их плодородия (почвы-аналоги, ландшафты-аналоги); очень важны профилактические предупредительные меры по предотвращению деградации почв – изначально применение научно обоснованной почво-водоохранной системы земледелия с учетом особенностей местных почв и климатических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельгибаев М.Е. Пыльные бури и вопросы классификации дефлированных почв // Симпозиум комиссии "Человек и среда" XXIII Междунар. Географ. Конгресса. – М. – 1976. – С. 210 – 215.
2. Бельгибаев М.Е. Мониторинг и охрана почв // Методы изучения дефляции и охрана почв. – Алма-Ата: Кайнар, 1986. – С. 11 – 21.
3. Бельгибаев М.Е. Аграрное природопользование в условиях становления хозяина деревни // Крестьянин-хозяин: возможен ли? Целиноград, 1990, С. 227 - 229.

УДК 911.3.338.4(576.1)

**ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ
СОЧЕТАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ПОНЯТИЙ, СУЩНОСТИ И КЛАССИФИКАЦИИ**

Канд. геогр. наук

К.М. Баймырзаев

Проблемы рационального природопользования, включающие вопросы оптимального размещения промышленного производства, сельского хозяйства и трудовых ресурсов требуют ясного определения его основных понятий: природно-ресурсный потенциал, территориальное сочетание природных ресурсов, их соотношение и классификацию. Приведена обобщенная схема систематизации природно-ресурсного потенциала Центрального Казахстана.

Казахстан обладает большим естественным природным потенциалом, который лишь в малой степени освоен человеком. В условиях перехода республики к рыночным формам хозяйствования, как никогда остро стоит вопрос рационального, эффективного и бережного использования природных богатств нашей страны. Поэтому созрела настоятельная необходимость в выработке новой концепции использования и эффективного вовлечения в природно-хозяйственный оборот земельных, водных, лесных и минерально-сырьевых ресурсов, когда условия осуществления производственной деятельности строятся на основе учёта экологической нагрузки на окружающую среду, комплексного освоения богатств региона и конкуренции объектов природопользования.

Одним из эффективных механизмов решения проблемы рационального природопользования применительно к конкретному региону является комплексное использование территориальных сочетаний природных ресурсов, которое в ближайшем будущем должно стать основным направлением природопользования и гарантировать использование экологически сбалансированных подходов по их освоению.

Под территориальным сочетанием естественных ресурсов А.А. Минц [3, 4] предлагает понимать "источники ресурсов различного вида, расположенные на определенной целостной территории и объединяемые фактическим или перспективным совместным использованием в рамках

единого производственно-территориального комплекса". Предлагая такое определение понятию "территориальное сочетание природных ресурсов", он замечает: "Можно согласиться с В.Г. Удовенко в том, что сочетание природных ресурсов не сводится к перечню их отдельных видов, имеющих в том или ином районе, а означает такое сочетание, которое может обеспечить эффективное формирование и развитие производственно-территориальных комплексов. При этом не следует отождествлять, как пытаются делать ряд исследователей, смысл понятия "территориальное сочетание" с понятием "природно-ресурсный потенциал" [4]. Согласно Н.Ф. Реймерсу [6], "природно-ресурсный потенциал" - это система природных ресурсов, условий, явлений и процессов, которая, с одной стороны, является территориальной и ресурсной базой жизнедеятельности общества, а с другой - противопоставит ему как объект антропогенного воздействия. Таким потенциалом обладает любая территория, например, государство или его административно-территориальная таксономическая единица.

Таким образом, из выше изложенного следует: во-первых, территориальное сочетание не сводится "к перечню их отдельных видов, имеющих в том или ином регионе", во-вторых, оно обеспечивает "эффективное формирование и развитие природно-территориальных комплексов". В силу того, что границы территориально-производственных комплексов и тем более территориальных сочетаний природных ресурсов в принципе не обязательно должны совпадать с границами административно-территориальных единиц, они формируются на совокупности природных ресурсов единой территории, обеспечивающих эффективное их функционирование. Природно-ресурсный потенциал определенной территории не может признаваться равноценным или тождественным территориальным сочетаниям природных ресурсов определенной таксономической единицы. На наш взгляд, под территориальным сочетанием природных ресурсов (ТСПР) следует понимать совокупность ресурсов различного вида, расположенных на определенной целостной территории и объединяемых фактическим или перспективным совместным использованием, обеспечивающим лучшую комплексированность производств, функционирующих или создаваемых на их базе и за счет этого фактора гарантирующего получение дополнительного эколого-экономического эффекта [1]. Как было выше отмечено, возможность лучшей территориальной организации производства (концентрации, комбинирования, кооперирования, специализации) на базе совокупности природных ресурсов определенной территории, выделяемой,

в первую очередь, по сочетанию природных ресурсов и условий, гарантирующих получение дополнительного эффекта, является обязательным условием понятия ТСПР.

Хотя отдельные авторы полагают, что природно-ресурсный потенциал также должен стать основой развития и функционирования территориально-производственных комплексов, он не гарантирует получение дополнительного экономического эффекта и поэтому не может считаться основой формирования высокоэффективного комплекса технологически и организационно взаимосвязанных производств.

Несмотря на указанные различия понятий "природно-ресурсный потенциал" и "территориальное сочетание ресурсов", они являются близкими по своему содержанию, хотя методические основы экономико-географической и экономической оценки природно-ресурсного потенциала не должны полностью совпадать с основными положениями экономико-географической и экономической оценки территориальных сочетаний природных ресурсов. Тем более что методические разработки, посвященные решению проблем собственно экономической оценки территориальных сочетаний природных ресурсов (даже после работы А.А. Минца, намстившего, по существу некоторые подходы к решению рассматриваемой проблемы), отсутствуют. Поэтому пришлось при выполнении настоящей работы в основном опираться на исследования З.К. Каргажанова с учетом разработок А.А. Минца.

В вышеприведенном определении понятие "природно-ресурсный потенциал" совпадает с содержанием понятия "природные факторы жизни общества", за исключением элемента антропогенного воздействия. Природные факторы жизни общества в зависимости от их хозяйственно-целевого значения в общественном производстве подразделяются на две большие группы: а) природные условия, б) естественные (природные) ресурсы.

До 70-х гг. определения Ю.Г. Саушкина [7.8] считались наиболее удачными. Под природными условиями он понимал "элементы географической среды, которые не могут быть непосредственно использованы в качестве источника энергии, продуктов питания, сырья для промышленности, но без их участия производство не может иметь место (кислород воздуха, влага воздуха, вода для орошения земель, солнечное тепло, используемое растениями и нагревающее почву, осадки, сезонность климатических условий, реки, озера, рельеф, наконец, почвенный покров, который сам не является ни источником энергии, ни продуктом питания, ни

сырьем для промышленности, но является средой для роста леса, культурных растений и т. д.)". А под природными ресурсами - "элементы географической среды, которые могут быть использованы для производства энергии (гидроэнергоресурсы, топливные ресурсы, ветер, приливно-отливная волна, лес, солнечное тепло), продуктов питания (плоды, коренья дикорастущих видов растений, мясо диких животных, рыба морей, рек и озер и т. д.), сырья для промышленности (минеральное сырье, лес, воды, газы воздуха для технологических нужд и т. п.).

В этих определениях обнаруживается ряд недостатков. По Ю.Г. Саушкину [7], "природные условия" - очень широкое понятие, их он употребляет даже в отношении одного элемента природы к другому, например, почва является условием роста леса. И в то же время некоторые природные условия включаются в природные ресурсы. Приливно-отливная волна, которая может служить источником энергии, отнесена им к природным ресурсам, а реки, наоборот, не отнесены и т. п. Отсюда видно, что у него нет достаточно четкого подразделения природных условий и ресурсов.

Все остальные определения этого периода примерно одного содержания. Под природными ресурсами понимались элементы природы, которые могли использоваться человеком в хозяйственной деятельности.

Глубокий анализ этих понятий провел И.В. Комар [2], который пришел к выводу, что под природными условиями в совокупности с природными ресурсами следует понимать взаимоотношение природы и общества. Природные ресурсы он считает менее широким понятием, чем природные условия. По мнению И.П. Герасимова, понятие "природные условия" охватывает элементы земной природы, используемые непосредственно в качестве предметов труда, но тем не менее необходимые для существования человека и неотъемлемо связанные с развитием материального производства. К естественным ресурсам он относит природные явления, тела и системы тел, которые при данном уровне развития производительных сил могут быть использованы для удовлетворения потребностей общества.

В этих определениях понятий четко уловить разницу трудно. Так, природные условия необходимы для существования человека и связаны с развитием производства. И в то же время, природные ресурсы также необходимы для человека и связаны с его производственной деятельностью.

Немецкий ученый А. Клаус, критикуя советских и зарубежных ученых, считает ошибочной трактовку, которая рассматривает природные ресурсы не как часть природных условий, а отдельно от них или совмест-

но, но не интегрально. По его мнению, природные условия часто в ходе деятельности человека приобретают форму природных ресурсов. Эта мысль, несомненно, заслуживает внимания. Приведем пример: река - это природные условия, а электроэнергия, полученная в результате строительства ГЭС на этой реке, является уже природным ресурсом. То же относится и к приливной волне и т.д.

По определению А.А. Минца [3], "природные условия" (в узком смысле) есть "тела и силы природы, которые на данном уровне развития производительных сил существенны для жизни и деятельности человеческого общества, но не участвуют непосредственно в материальной производственной и непроизводственной деятельности людей", а "естественные ресурсы есть тела и силы природы на данном уровне развития производительных сил и изученности, которые могут быть использованы для удовлетворения потребностей человеческого общества в форме непосредственного участия их в материальной деятельности".

В определениях А.А. Минца [3] и А. Клауса [5] в целом нет существенных противоречий. Они дополняют друг друга. Действительно, в условиях востребованности некоторые природные условия становятся ресурсами. Природные условия и ресурсы - это составные части природно-ресурсного потенциала, а дифференциация их связана не столько с открытием какой-то истины, а скорее обусловлена необходимостью целенаправленного подхода при решении вопросов природопользования.

Понятие "*природопользование*" отражает связь разнообразных видов деятельности (производственных и непроизводственных) общества с природной средой. При этом последняя служит не только условием жизни общества, но одновременно является естественным ресурсом, объектом извлечения и использования ее полезных свойств. В таком контексте природная среда с позиции природопользования выступает в качестве природно-ресурсного потенциала.

Непосредственным объектом природопользования являются природные условия и ресурсы. Имеется множество классификаций природных условий и ресурсов, отражающих различные аспекты их характеристик. По принадлежности, например, к компонентам земной оболочки выделяют: минеральные, климатические, водные, растительные, почвенные, фаунистические. Среди систем классификации природных ресурсов, отражающих их экономическую значимость и роль в общественном производстве выделяются связанные с направлениями и формами хозяйственного использова-

ния ресурсов. С этих позиций природно-территориальные комплексы подразделяются на горнопромышленные, сельскохозяйственные, водохозяйственные, лесохозяйственные, селитебные, рекреационные и др.

При рассмотрении проблем рационального использования природных ресурсов немаловажное значение приобретают классификации по их исчерпаемости и возобновляемости. В этом плане большинство природных ресурсов, кроме недр, являются полностью или частично возобновляемыми, сочетающими, как правило, накопленный запас и ежегодный их прирост (поступление). Поэтому для оптимизации использования ресурсов природной среды должны учитываться отмеченные моменты.

Применительно к обширной территории Центрального Казахстана нами приводится обобщенная схема систематизации природно-ресурсного потенциала с позиции генетическо-типологического подхода (таблица).

Таблица

Классификационная схема природно-ресурсного потенциала
(на примере Центрального Казахстана)

Класс	Тип	Подтип
Природные условия	Климатический	Температурный режим, атмосферные осадки, ветры.
	Гидрологический, гидрогеологический	Формирование стока, колебание уровней и расходов.
	Геоморфологический	Макро, мезоформы рельефа, генезис, возраст.
	Геологический	Состав, залегание, генезис, возраст, мощность.
	Почвенно-растительный	Тип почв, растительные ассоциации.
Естественные ресурсы	Водно-земельный	Водопотребление: стока поверхностного, подземного. Земельные угодья: пастбища, пашни, орошаемые и богарные земли; сенокосы.
	Топливо-энергетический, минерально-сырьевой	Камехный и бурый уголь. Черные, цветные, благородные, редкие металлы и т.д.
	Лесной, рекреационный	Деловая древесина. Живописные озерные водосмы, сосновые боры в местах отдыха и туризма.

В этой схеме критериями природопользования служат элементы природной среды и естественные ресурсы, определяющие виды хозяйственной деятельности. В соответствии с этим выделяются два класса ПРП: природные условия и естественные ресурсы, каждый из которых состоит из 5 и 4 типов соответственно.

Таким образом, выявление соотношения и связи рассмотренных основных понятий природопользования являются условием для постановки исследования в области эффективного использования природно-ресурсного потенциала территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каргажанов З.К., Баймырзаев К.М., Методика экономико-географической оценки территориальных сочетаний природных ресурсов // Географические основы устойчивого развития РК. – Алматы. - 1998. – С. 392 - 398.
2. Комар И. В. Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы. - М., 1975. 214 с.
3. Минц А.А. Географические подходы экономической оценки природных ресурсов // Экономические проблемы оптимизации природопользования. - М., 1973. - С. 54 - 71.
4. Минц А.А., Преображенский В.С. Комплексное изучение природных условий и естественных ресурсов // Человек, общество и окружающая среда. - М., 1973. - С. 87 - 100.
5. Мир география. География и географы // Природная среда. – М., 1984.
6. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М., 1990.
7. Саушкин Ю.Г. Введение в экономичную географию – М., 1970.
8. Саушкин Ю.Г. Экономическая география: история, теория, методы, практика. – М., 1973.

Казахский государственный национальный университет им. аль-Фараби

ТАБИҒИ-РЕСУРСТЫҚ ПОТЕНЦИАЛ, ТАБИҒИ РЕСУРСТАРДЫҢ АУМАҚТЫҚ БАЙЛАНЫСТАРЫ: АНЫҚТАМАСЫ, МАҢЫЗЫ ЖӘНЕ ЖІКТЕЛУЛЕРІ

Геогр. ғылымд. канд.

К.М. Баймырзаев

Онеркәсіптік өндірісті ауыл шаруашылығын және еңбек ресурстарын тиімді ұйымдастыру мәселелерін қарастыратын табиғатты тиімді пайдалану проблемалары табиғи-ресурстық әлеует табиғи ресурстардың аумақтық байланыстары, арақатынастары және жіктелуі тәрізді негізгі айқын анықталуын талап етеді.

УДК 551:630

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ В КАЗАХСТАНЕ

Канд. геогр. наук Л.В. Лебедь

В статье приводится обзор развития агрометеорологической науки в КазНИИМОСК за пятидесятилетний период, в том числе приоритетных ее направлений в последние десятилетия.

Научные исследования по агрометеорологии, которые проводятся в Казахстане в течение 50-летнего периода национальной гидрометслужбой, направлены на изучение агрометеорологических условий произрастания и биозкологического состояния сельскохозяйственных культур и сенокосно-пастбищной растительности, прогнозирование их урожайности, условий выпаса скота на пастбищах и прогнозирования продуктивности животных. Они включают также исследования агроклиматических ресурсов и их изменений на территории Казахстана и ряд других вопросов, актуальных для сельскохозяйственного производства.

Агрометеорологические исследования начаты в бывшем отделе сельскохозяйственной метеорологии КазНИГМИ (в настоящее время КазНИИМОСК) в начале его организации. Первые сотрудники этого подразделения: — А.П. Федосеев, заведующий отделом, доктор геогр. наук, Г.Г. Белобородова, А.Д. Карбышева, Н.А. Конюхов, А.Д. Копыт, Н.Д. Самохвалов, А.П. Чекерес, А.Д. Штинов. Впервые в Советском Союзе в отделе были начаты широкие исследования в области пастбищной агрометеорологии и зоометеорологии. Сотрудники отдела принимали активное участие в исследованиях агроклиматических ресурсов районов Казахстана, в том числе районов освоения целинных и залежных земель. Результаты первых исследований нашли отражение в ряде монографий: Агроклиматические и волные ресурсы районов освоения целинных и залежных земель. Под ред. Ф.Ф. Давитая, 1954; А.П. Федосеев. Климат и пастбищные травы Казахстана, 1964; А.Д. Карбышева. Агрогидрологические свойства почв Казахской ССР (справочник), 1964; А.П. Чекерес. Погода, климат и отгонно-пастбищное животноводство, 1972, а также в сборниках Трудов КазНИГМИ и других изданиях.

С 60-х и до начала 80-х годов агрометеорологическая наука Казахстана развивалась под руководством С.А. Бедарева, заведующего отделом, доктора биол. наук, профессора, чл.-кор. АН КазССР. В этот период в отделе получили развитие новые виды агрометеорологических наблюдений - визуальные авиационные и аэроспектрометрические. Для этого была создана постоянно действующая аэрофотометрическая экспедиция, на базе которой до начала 90-х годов велись оперативные обследования состояния сельскохозяйственных угодий на всей территории Казахстана, Калмыкии и Дагестана. Экспедицией выполнялась и научная программа, связанная с тематической интерпретацией материалов дистанционного зондирования. В эти годы был организован ряд полевых агрометеорологических стационаров в Северном Приаралье (Кызылординская область), в горах Улугтау (Джезказганская область), на юго-восточной окраине пустыни Бетпакдала, песчаном массиве Муюнкум и в пойме р. Шу (Жамбылская область), где велись детальные наблюдения за пустынной пастбищной и пойменной растительностью. В этот период проводились многолетние полевые агрометеорологические наблюдения за посевами сельскохозяйственных культур, а также сеяными кормовыми травами (Северно-Казахстанская и Алматинская области).

В результате этих исследований были разработаны и внедрены в производство методики для агрометеорологического прогнозирования состояния пастбищной растительности и ее урожайности (С.А. Бедарев, Е.Н. Коробова, Г.Д. Герасименко, М.С. Гамаюнова), урожайности зерновых (А.Д. Масловская, Д.П. Федюшина, Е.С. Зарембо), плодовых культур (Т.Д. Извекова), сеяных кормовых трав (А.В. Русанова, С.И. Кочетова), пойменной луговой растительности (С.А. Бедарев, Л.В. Лебедь). Получили новое развитие работы по зоометеорологии, которые выполнялись В.П. Петрашиным, М.К. Пушняком, И.Г. Ивановым на территории Казахстана, Горного Алтая, Северного Кавказа и в других регионах бывшего Советского Союза. Были опубликованы монографии: С.А. Бедарев. Транспирация и расход воды растительностью аридной зоны Казахстана. ч. I, 1968 и ч. II, 1969; С.А. Бедарев. Агрометеорология и лугопастбищное хозяйство, 1979; коллективные монографии "Погода и урожай сенокосов и пастбищ Муюнкумско-Бетпакдалинского природного комплекса" / Под редакцией С.А. Бедарева и Е.Н. Коробовой, 1978; "Гидрометеорологические проблемы Приаралья" / Под ред. Г.Н. Чичасова, 1990; Труды КазНИГМИ по агрометеорологии Казахстана. вып. 47, 54, 69.

70, 75, 76, 93. В этот период на отдел сельскохозяйственной метеорологии КазНИГМИ Госкомгидрометом СССР возлагаются функции головного подразделения по гидрометеорологическому обеспечению отгонно-пастбищного животноводства в пустынных районах Средней Азии и Казахстана, а также по обеспечению северного оленеводства. В КазНИГМИ, с участием других институтов Госкомгидромета СССР, разрабатывается Инструкция по производству агрометеорологических и зоометеорологических наблюдений в районах пастбищного животноводства. В институте проводится ряд Всесоюзных совещаний и семинаров по пастбищной агрометеорологии и зоометеорологии.

В последующие два десятилетия агрометеорологические исследования в институте выполнялись под руководством В.П. Петрашина, канд. вет. наук, Е.Н. Коробовой, канд. с.-х. наук., П.Ж. Кожухметова, канд. техн. наук и Л.В. Лебедь, канд. геогр. наук. В этот период получили развитие исследования по динамическому моделированию биоэкологического состояния и продуктивности пастбищной и луговой растительности (Л.В. Лебедь, З.С. Беленкова), посевов зерновых (А.Д. Масловская, М.С. Гамаюнова, З.С. Беленкова), картофеля (О.А. Глумова), кормовых трав (С.А. Кочетова, Е.Н. Сапа), разрабатываются приемы использования аэроспектрометрической и космической информации. Продолжались агрометеорологические исследования горных пастбищ, агрометеорологического обоснования приемов фитомелиорации и рационального использования пастбищ (Е.Н. Коробова, Е.В. Антипова и др.), исследования влияния погодных условий на летнее содержание овец в горных районах и на стрижку овец, а также разрабатывались методы долгосрочного прогнозирования овцеводческой продукции (П.Ж. Кожухметов и др.). Под методическим руководством ВНИИСХМ выполнено агрогидрологическое районирование земледельческой зоны Казахстана (О.А. Глумова и др.). В сотрудничестве с Комплексным изыскательским отделением КазГИПРОзем проводились комплексные спутниковые и подспутниковые, аэроспектрометрические, а также наземные геоботанические и агрометеорологические исследования в Прибалхашье и Приаралье (Л.В. Лебедь). Результаты этих исследований опубликованы в монографии "Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья" / Под ред. И.И. Скоцеляса, 1995 и в других изданиях.

В последнее десятилетие получило развитие новое направление в агроклиматологии, связанное с оценкой возможных изменений урожайности зерновых культур, пастбищной растительности и продуктивности выпасаемых овец на пастбищах в связи с возможными изменениями регионального климата Казахстана. В помощь производственным агрометеорологическим и сельскохозяйственным структурам Казахстана коллективом

агрометеорологов разрабатывается Руководство по организации и производству основных агрометеорологических наблюдений на гидрометеорологических станциях и постах на территории Казахстана, научно-прикладные агрометеорологические справочники – Засушливые явления, Алматы, 1997 и Агрометеорологическое обеспечение овцеводства Казахстана, Алматы, 1998 / Под редакцией А.А. Шамена.

В последние годы специалистами-агрометеорологами института выполняются исследования по разработке и использованию в производственном режиме современных компьютерных технологий для расчета и разномасштабного картирования почвенной засухи и условий влагообеспеченности зерновых культур на территории Казахстана, прогнозирования их урожайности в целях оперативного агрометеорологического обслуживания современного сельскохозяйственного производства.

За все годы деятельности института агрометеорологами активно проводится международная научная деятельность. В 70 – 80 е годы совместно со специалистами национальной гидрометслужбы Монголии выполняются исследования по агроклиматологии и зоометеорологии. В 1986 году на базе КазНИГМИ в Казахстане организованы III Международные курсы ВМО по агрометеорологии с приглашением слушателей и докладчиков из Европы, Азии и Африки. В последние годы восстановлены творческие связи с агрометеорологами стран СНГ. Под эгидой Межгосударственного совета по гидрометеорологии стран СНГ КазНИИМОСК, совместно с национальными гидрометслужбами России, Украины, Узбекистана, Белоруси и других государств, подготовлена компьютерная версия Толкового словаря по сельскохозяйственной метеорологии, 1999. Словарь разработан по инициативе ВНИИСХМ (редактор И.Г. Грингоф) и включает свыше 2000 агрометеорологических терминов и определений. Укрепляется сотрудничество с учеными дальнего зарубежья, в том числе с Министерством сельского хозяйства США в области агрометеорологического моделирования продуктивности посевов зерновых, с Международным центром по сельскохозяйственным исследованиям в засушливых районах Азии (ICARDA).

В качестве международных экспертов агрометеорологи института участвовали и участвуют в настоящее время в работе постоянно действующей Комиссии по сельскохозяйственной метеорологии ВМО (С.А. Бедарев, П.Ж. Кожаметов, Л.В. Лебедь и другие).

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ БОЙЫНША ҒЫЛЫМИ ЗЕРТТЕУЛЕР

Геогр. ғылымд. канд. Л.В. Лебедь

Мақалада елу жылдық мерзім ішіндегі ҚазКОМҚҒЗИ-дағы агрометеорологиялық ғылымның дамуы, оның ішінде соңғы онжылдықтар ішіндегі оның басым бағыттарының шолуы келтірілген.