

Қазақстан Республикасының
Гидрометеорология жөніндегі
Бас басқармасы

Главное управление
по гидрометеорологии
Республики Казахстан

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

Әр тоқсанда шығарылатын
ғылыми-техникалық журнал

№ 2

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный
научно-технический журнал

АЛМАТЫ
1996



Редакционный совет

Шамен А.М., начальник Казгидромета, канд. эконом. наук (председатель); Байтулин И.О., директор КазНИИМОСК, академик НАН РК, доктор биолог. наук (зам. председателя); Баишев К.С., первый зам. министра экологии и биоресурсов РК; Баикатов В.И., начальник Центра мониторинга Казгидромета; Бейсенова А.С., декан геогр. факультета АГУ, чл.-корр. НАН РК, доктор геогр. наук; Болдырев В.М., декан геогр. факультета КазГУ, канд. геогр. наук; Госсен Э.Ф., академик-секретарь КАСХН, доктор сельхоз. наук; Кудайбергенев К.К., зам. председателя Комитета по водным ресурсам РК; Северский И.В., директор Института географии НАН, чл.-корр. НАН РК; Чередишченко В.С., профессор КазГУ, академик АН Высшей школы, доктор геогр. наук; Чигаркин А.В., зав. кафедрой КазГУ, доктор геогр. наук.

Редакционная коллегия

Чичасов Г.Н., зам. директора КазНИИМОСК, доктор геогр. наук (председатель); Кожсахметов П.Ж., начальник Бюро погоды, канд. техн. наук (зам. председателя); Акыпбеков О.А. (ответственный секретарь); Балакина В.П., начальник Цеха полиграфии ОСЦ Казгидромета; Бельгибаев М.Е., зав. кафедрой АГУ, доктор геогр. наук; Голубцов В.В., канд. геогр. наук; Крюкова В.П., заведующая сектором международного сотрудничества и информации Казгидромета; Семенов О.Е., канд. физ.-мат. наук; Степанов Б.С., канд. техн. наук.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 2



Журнал выходит 4 раза в год
Регистрационное свидетельство № 1538
Министерства печати РК.
Подписной индекс 75855.

Подписано к печати 02.08.96 г. Формат бумаги 70 x 100 1/16.
Объем 14,0 п.л. Заказ 125. Тираж 500
Цена договорная

Цех полиграфии Казгидромета, г. Алматы, пр.Абоя, 32

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Мурадов М.А.

О методе прогноза сильного ветра в районе Капчагайского водохранилища

7

Воронина Л.А.

О синоптических условиях формирования высоких и низких урожаев озимой пшеницы в Казахстане

19

Семенов О.Б.

Радиационнобалансовая модель плоскостных источников пыления поверхностей и оценка фоновых сухих выпадений

38

Скакова Д.А.

Динамика урожайности яровой пшеницы и ее связь с агрометеорологическими условиями

45

**Есеркепова Н.Б., Пилифосова О.В.,
Чичасов Г.Н., Шамен А.**

Об исследовании влияния глобального потепления на природные ресурсы и экономику Казахстана и действиях по смягчению негативных последствий возможных изменений климата

58

Шамен А.

Вопросы гидрометеорологического мониторинга Казахстанского сектора Каспийского моря

77

**Колесников Е.И., Коченова Е.Е.,
Новикова Е.В., Подстречный А.И.**

О возможности использования характеристик снежного покрова для оценки лавинной активности горной территории

87

| | |
|--|-----|
| Голубцов В.В., Ли В.И., Попова В.П., Строева Т.П. | |
| Использование модели формирования стока для краткосрочного прогноза водности гор- ных рек Казахстана | 101 |
| Попова В.П. | |
| Долгосрочное прогнозирование водности горных рек южного Казахстана на период весеннего половодья | 114 |
| Голубцов В.В., Ли В.И., Строева Т.П. | |
| Определение поступления воды на поверх- ность ледниковой части горного бассейна, | 126 |
| Глазырина И.Г. | |
| О статистической структуре речной сети Вахша и Нарына | 133 |
| Бураков М.М. | |
| О случайных погрешностях оценок питания подземных вод балансово-гидрометрическим методом | 147 |
| Степанов Б.С. | |
| К проблеме прогноза опасных гидрометео- рологических явлений | 161 |
| Яфязова Р.К. | |
| Особенности механизмов формирования ко- нусов выноса горных рек | 175 |
| Байтулин И.О. | |
| О системном подходе к сохранению и сба- лансированному использованию биоразнооб- разия | 188 |
| Попов Ю.М., Павличенко Л.М., Богачев В.П. | |
| Исследование загрязненности реки Сыр- дарья для построения комплексной оценки качества воды | 207 |
| КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СЕМИНАРЫ | 224 |

CONTENTS

SCIENTIFIC PAPERS

- Muradov M.A.**
On strong wind forecasting in the area
of Kapshagai water reservoir 7
- Voronina L.A.**
On synoptic conditions of forming high
and low winter wheat yield in Kazakstan 19
- Semenov O.E.**
Radiation and balance model of plane so-
urces of getting dusty surfaces and as-
sessment of dry background falling 38
- Skakova D.A.**
Dynamics of spring wheat yield and its
connection with agrometeorological con-
ditions 45
- Eserkepova I.B., Pilifosova O.V.,
Tchitchasov G.N., Shamen A.**
On Kazakstan environment and economy
vulnerability assessment under global
warming and adaptation activity under
possible climate change 58
- Shamen A.**
The issue on hydrometeorological monito-
ring of the Kazak part of the Caspean sea 77
- Kolesnikov E.I., Kochenova E.E.,
Novikova E.V., Podstrechnyi A.N.**
On possibility of snow cover characteri-
stics using for evaluation snow avalan-
che activity for mountain territory 87

| | |
|---|-----|
| Golubtsov V.V., Lee V.I., Popova V.P., Stroeva T.P. | |
| The use of runoff forming model for short-term forecast of mountain rivers water supply for Kazakstan | 101 |
| Popova V.P. | |
| Long-term water supply forecast for rivers of the South Kazakstan for the period of spring high water | 114 |
| Golubtsov V.V., Lee V.I., Stroeva T.P. | |
| Definition of water receipt on glacier surface of mountain basin | 126 |
| Glazyrina M.G. | |
| On statistical structure of Vaksha and Narin rivers net | 133 |
| Burakov M.M. | |
| On occasional errors of underground water supply estimates with the use of balance and hydrometric method | 147 |
| Stepanov B.S. | |
| On issue of dangerous hydrometeorological phenomena forecasting | 161 |
| Yafyazova R.K. | |
| Features of mechanism of detrital fan formation of mountain rivers | 175 |
| Baitulin I.O. | |
| On system approach on reservation and balancing use of biovariety | 188 |
| Popov Yu.M., Pavlichenko L.M., Bogachev V.P. | |
| Sirdarya water pollution study for complex evaluation of water quality | 207 |
| CONFERENCES, MEETINGS, WORKSHOPS | 224 |

УДК 551.509.322(574)

**О МЕТОДЕ ПРОГНОЗА СИЛЬНОГО ВЕТРА В РАЙОНЕ
КАПЧАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Канд. геогр. наук М.А.Мурадов

Приводятся результаты изучения климатических особенностей, синоптических и мезомасштабных условий возникновения сильного ветра в районе Капчагайского водохранилища. Изложена основа метода прогноза данного явления, основанного на количественной оценке изменения полей давления и геопотенциала в окрестности водоема. Разработанный метод прогноза предполагается в автоматизированном варианте использовать в оперативной работе Бюро погоды Казгидромета.

Сильный ветер в районе Капчагайского водохранилища явление малоизученное, поэтому прогнозирование его затруднительно. Однако, расположение водоема в широтно ориентированной долине между отрогами хребтов Джунгарского и Заилийского Алатау хотя и задает здесь сложное сочетание воздействий регионального и локального масштабов, но проявляется в виде перемещения над водохранилищем значительных объемов воздуха, как правило, либо в западном, либо в восточном направлениях. Это позволяет при разработке метода прогноза абстрагироваться, как от малозначимого влияния горно-долинной циркуляции, так и предположения о возможном струйном характере ветра в данном районе [2]. Таким образом, сами условия местного рельефа позволяют: во-первых, судить о режиме сильного ветра в районе водохранилища по данным метеостанций, расположенных на его берегу (Капчагай, Карачок, Чилик), так как масштаб перемещающегося объема

воздуха превышает размер водохранилища; во-вторых, ограничиться прогнозированием сильных ветров западных и восточных направлений, как господствующих.

За сильный ветер принимался ветер достигший значения скорости 12 м/с. Рассматривались также градации величины скорости: >15 м/с, >20 м/с, >25 м/с, >30 м/с. Факт сильного ветра фиксировался по данным ежесуточных наблюдений (таблицы ТММ-1) как в сроки наблюдения, так и по значениям абсолютного суточного максимума скорости. В качестве дополнительных характеристик ветра использовались его направление и непрерывная продолжительность в часах (по данным срочных наблюдений). Научными поисками способов прогноза упомянутых ветровых характеристик метеорологи занимаются давно, следовательно методические основы различных подходов прогнозирования данного явления уже выявлены. Это учет: синоптического положения, барического градиента, отношения фактического ветра к геострофическому, межуровневого обмена количеством движения, стратификации температуры воздуха. Чаще всего прогноз ветра увязывается с прогнозом барического поля и полей геопотенциала [1,3-12].

При разработке метода прогноза полезно иметь представление о многолетних характеристиках рассматриваемого явления. Поэтому предварительно был проведен климатический анализ режима сильных (>12 м/с, >15 м/с, >20 м/с) ветров на водохранилище. В целом по акватории, а также по различным районам водохранилища, отдельно для разных направлений ветра и календарных месяцев года определена средняя многолетняя повторяемость суток с сильным ветром, в том числе с различной его продолжительностью (от 1 до 24 часов). Как уже отмечалось, сильный ветер наблюдается на водохранилище преимущественно восточного и западного направления (95 % от общего числа случаев в розе ветров). Смена этих направлений происходит довольно регулярно и достаточно быстро. Площадь

охвата сильным ветром акватории водоема значительна, так как в среднем за месяц ветер >12 м/с одновременно наблюдался на трех метеостанциях в 5-ти сутках, двух метеостанциях - 10-ти сутках, а только на одной метеостанции - 4-х сутках. Причем, когда сильный ветер отмечался на всех трех метеостанциях в 86-ти % случаев был одной направленности (западной или восточной). Чаще и продолжительнее сильный ветер наблюдается в районе станции Карачок, что объясняется сужением Илийской долины в этом месте.

Полученная информация по климатическому режиму сильного ветра на водохранилище зафиксирована в виде справочного материала в программе для персонального компьютера. С помощью данной программы пользователь может оперативно получить информацию о внутригодовом режиме сильного ветра (направлению, продолжительности и величине скорости) в данном районе. А также ежемесячно оценивать вероятность возникновения данного явления в течение ближайших 1-30 суток.

Следующим необходимым этапом исследования стал анализ синоптических условий возникновения явления. Установлены синоптические признаки усиления ветра на юго-востоке Казахстана. Рассчитанные поля средних значений давления на уровне моря (P_0), геопотенциальной высоты поверхности 500 гПа (H_{500}), относительного геопотенциала ($H_{500/1000}$), температуры воздуха на уровне 850 гПа (T_{850}), температуры воздуха у поверхности земли (T_z) позволили выразить типичность изучаемых ситуаций количественно. Анализ этих полей выявил очевидные противоположности в их конфигурации на выборках с западным и восточным сильным ветром. Типовая погода, рассчитанная по срочным суточным метеоданным, также оказалась противоположной. Усиление западного ветра сопровождалось значительной облачностью, осадками (нередко ливневого характера, весной и летом с грозой), понижением температуры воздуха. Давление росло, относительная влажность воздуха увеличивалась. Усилению

восточного ветра сопутствовали небольшая облачность, отсутствие осадков, гроз. Давление падало, температура воздуха повышалась, относительная влажность уменьшалась. Все это указывало на возможность использования в качестве математического аппарата для дальнейшей обработки данных средств дискриминантного анализа.



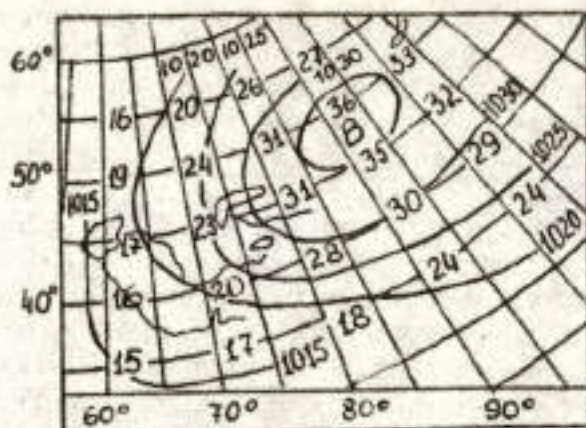
Рис. 1. Суточные изменения среднего поля (25 случаев) температуры на поверхности 850 гПа при усилении западного ветра на водохранилище:

а - за сутки до начала явления; б - в период возникновения явления; в - средний ветер на ст. Карачок (время местное)

Отдельно рассматривались варианты объяснения механизма формирования сильных ветров противоположных румбов с учетом местной орографии района водохранилища. Установлено, что значительное усиление западных ветров над водохранилищем связано с прохождением холодного фронта (рис.1), как при циклонических вторжениях с севера, северо-запада и запада, так и при регенерации южных циклонов над Казахстаном. То есть в тех случаях, когда холодный воздух свободно проникает в открытую для широтного переноса Илийскую долину, в которой тем отчетливее будут обнаруживаться признаки прохождения холодного фронта, чем он контрастнее и чем явственнее будет движение с запада зафронтального антициклона вторжения. Мезомасштабность в развитии данной типовой ситуации проявляется в особенностях поведения фронтальных разделов в условиях местной орографии.

Усиление над водохранилищем восточного ветра носит феновый характер и происходит при наличии циклонической зоны в районе Юго-Восточного Прибалхашья с сохранением высокого давления над горной системой Юго-Восточного Казахстана. В этом случае, вследствие значительного перепада давления воздух с гор устремляется в долину, приобретая явно выраженный феновый характер (повышение температуры, понижение относительной влажности, размывание облачности, прекращение осадков). Мезомасштабная интерпретация становления подобной синоптической ситуации может быть представлена в следующих вариантах. Быстрое падение давления в районе Юго-Восточного Прибалхашья, вызванное перемещением сюда циклогенетической зоны, разрушающей юго-западную периферию Сибирского антициклона, а также рост давления в тыловой части циклонического возмущения при продвижении фронтальных зон к наветренным склонам горных хребтов, создает узкую область (своеобразной конфигурации) повышенного давления над Тянь-Шанем, в частности, Заилийским Алатау (рис.2).

а



б

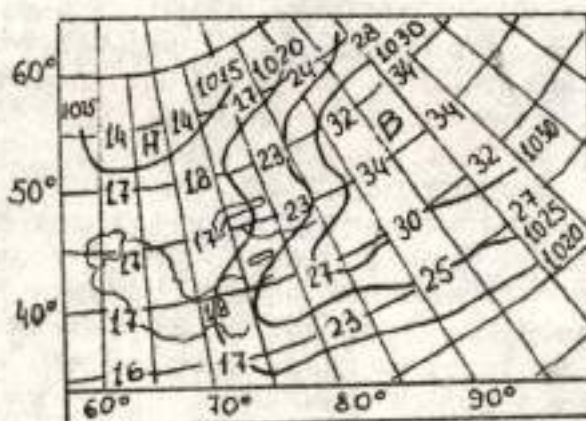


Рис. 2. Поля средних (47 случаев) значений давления на уровне моря (P_0) в Юго-Восточной Казахстане в период возникновения сильного восточного ветра на водохранилище:
 а - 00 час среднего гринвического времени (СГВ) суток, предшествующих явлению;
 б - 00 (СГВ) суток с явлением

Можно предположить, что в этой ситуации натекающая на горы конвективно неустойчивая воздушная масса, во-первых, усиливает эффект общего орографического поднятия воздуха, активизируя процесс выпадения осадков, во-вторых, притормаживается горными хребтами, что приводит к ее внутреннему нагреванию и иссушению [4,8,11]. В результате

гребня хребта Заилийского Алатау достигает относительно теплый воздух с низким содержанием влаги. При переваливании хребта под действием нисходящих течений он еще больше удаляется от состояния насыщения, что и объясняет тот тип погоды, который сопутствует интенсивному восточному переносу воздуха у поверхности водохранилища.



Рис. 3. Суточные изменения среднего поля (31 случай) температуры на поверхности 850 гпа при усилении восточного ветра на водохранилище:

а - за сутки до начала явления; б - в период возникновения явления; в - средний ветер на ст. Карачок (время местное).

Теплый воздух, по-видимому, может проникать в Илийскую долину и при прохождении над горными

массивами теплого фронта с юго-запада. Теплый фронт по вертикали гораздо протяженнее холодного и горами почти не задерживается (рис.3), к тому же проведенные нами расчеты траекторий перемещения воздуха в нижней тропосфере (в феновых ситуациях) показывают на его движение в среднем с юга на север.

Продолжительность и повторяемость изучаемого явления зависят от длительности сохранения и частоты возникновения описанных выше типовых синоптических ситуаций. Если смена этих ситуаций происходит довольно быстро, то сильные ветры противоположных румбов без продолжительных пауз сменяют друг друга. На продолжительность и чередование штормообразующих синоптических положений оказывают влияние: орографический циклогенез (появление многоцентровых депрессий в предгорьях Юго-Западного Тянь-Шаня), орографический антициклогенез (рост давления в малоподвижном антициклоне над горной системой Юго-Восточного Казахстана или увеличение давления в движущемся антициклоне вторжения при подходе к горной системе с запада), орографический фронтогенез, фронтолиз (обострение и размывание фронтов, возникновение волнового возмущения при подходе теплого фронта к западным оконечностям хребтов Тянь-Шаня, малоподвижные широтно протяженные холодные фронты вдоль хребтов Западного Тянь-Шаня).

Быстрая смена над водохранилищем сильного восточного ветра на сильный западный происходит, в частности, при интенсивном перемещении на юго-восток Казахстана ложбины с хорошо выраженным холодным фронтом. Восходящие вертикальные токи и падение давления в передней части ложбины, отмечающиеся в районе Прибалхашья, вначале приводят к возникновению феновой ситуации (сильный восточный ветер над водохранилищем), а затем, при вхождении вторгающегося холодного воздуха в Илийскую долину, смене сильного восточного ветра сильным западным. Здесь, на входе в долину в наиболее узком ее месте ветер обоих направлений приобретает наи-

большую скорость и порывистость, что подтверждается данными метеостанции Карачок.

Смена сильного западного ветра на сильный восточный возможно зависит от того, насколько успешно осуществится орографический антициклогенез над горной системой в заключительной фазе холодного вторжения. При интенсивных вторжениях это вполне вероятно, так как локальное орографическое возбуждение атмосферы пропорционально скорости и направленности набегающего на препятствие воздушного потока [2,6,8].

Результаты проведенного синоптического анализа позволили приступить к отработке методики прогноза, так как было установлено, что временное изменение полей изаллобар и изаллогипс различно при противоположном направлении усиливающегося ветра, а характер изменения самих полей P_0 и H_{500} допускал использование в качестве предсказателей аналоги горизонтальных градиентов изменения этих метеовеличин. Тем более, что поля P_0 и H_{500} неплохо прогнозируются гидродинамическим способом с использованием численно-разностных схем. В узлах сеточной области (5×10^0), охватывающей юго-восток Казахстана, были рассчитаны разности давления на уровне моря

$$(Gp)_i = P_i - P_{i+1}, \quad (Gp)_j = P_j - P_{j+1}, \quad (1)$$

геопотенциальной высоты поверхности 500 гПа

$$(Gh)_i = H_i - H_{i+1}, \quad (Gh)_j = H_j - H_{j+1}, \quad (2)$$

где i - порядковый номер узла сетки возрастающий с уменьшением широты при движении вдоль долготы с севера на юг; j - порядковый номер узла сетки возрастающий с ростом долготы при движении вдоль широты с запада на восток.

Эти разности рассматривались в качестве аналогов горизонтального градиента.

Для каждого узла вычислялось также пространственное и временное изменение этих разностей:

$$\begin{aligned} (\Delta Gp)_1 &= (Gp)_1 - (Gp)_{1\pm 1} , \\ (\Delta Gp)_j &= (Gp)_j - (Gp)_{j\pm 1} , \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} (\Delta Gн)_1 &= (Gн)_1 - (Gн)_{1\pm 1} , \\ (\Delta Gн)_j &= (Gн)_j - (Gн)_{j\pm 1} , \end{aligned} \quad (4)$$

$$\delta P_t = P_t - P_{t\pm 1} , \quad \delta H_t = H_t - H_{t\pm 1} , \quad (5)$$

$$\begin{aligned} (\delta Gp)_t &= (Gp)_t - (Gp)_{t\pm 1} , \\ (\delta Gн)_t &= (Gн)_t - (Gн)_{t\pm 1} , \end{aligned} \quad (6)$$

где t - номер суток.

Оценив поведение каждой из этих характеристик на пространстве дискриминантных переменных, через величины коэффициентов канонической и внутригрупповой парной корреляций, были отобраны наиболее показательные из этих переменных для определения линейных дискриминантных функций. Для различных режимов прогноза осредненный коэффициент парных корреляций между этими переменными изменялся в пределах 0,14 - 0,36, коэффициент канонической корреляции - (0,39 - 0,80), критерий хи-квадрат - (62 - 421), процентное содержание результатов правильной классификации - (75 % - 94 %). Объем рабочих выборок варьировал в пределах 41-350 случаев.

Последовательность вычисления дискриминантных функций в схеме прогноза зафиксирована в алгоритме и программе для персонального компьютера, предназначенных для оперативной работы пользователя. Авторская проверка методики прогноза в режиме оперативного счета (107 случаев) показала неплохой результат. Оправдываемость без явления 100 % (95 прогнозов). Оправдываемость явления 20 % (10 прогнозов). Предупрежденность 100 % (2 прогноза). Внедрение метода предполагается в Бюро Погоды Казгидромета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буз А.И. Вопросы прогноза скорости ветра. Погодообразующие процессы и опасные явления погоды, над Литвой и Калининградской областью. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - С.120-127.
2. Гельмгольц Н.Ф. Горно-долинная циркуляция северных склонов и предгорий Тянь-Шаня. - Л.: Гидрометеиздат, 1962. - 330 с.
3. Есеркепова Т.А. Ураганные ветры в Джунгарских воротах и рекомендации к их прогнозу // Тр. КазНИГМИ. - 1968. - Вып. 31. - С.102-110.
4. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование: Сборник лекций. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 136 с.
5. Переходцева Э.В., Снитковский А.И., Устинова Г.П. Исследование сильного ветра с помощью дискриминантного и регрессионного анализов и возможность использования прогностических схем давления для прогноза ветра // Тр. Гидрометцентра СССР. - 1977. - Вып.185. - С.3-23.
6. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. II. Вып. 4. Казахстан / Под ред. Мурадова М.А. - М.: Гидрометеиздат, 1987. -35 с.
7. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. I. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 701 с.
8. Синоптические процессы Средней Азии / В.А.Бугаев, В.А.Джорджио, Е.М.Козик и др. -Ташкент: Изд-во АН Узб.ССР, 1957. - 477 с.
9. Снитковский А.И. Прогноз сильных ветров // Метеорология и гидрология. - 1970. - N 9. - С.54-61.
10. Снитковский А.И., Кириллова Н.И., Переходцева Э.В. Краткосрочный прогноз ветра у поверхности земли на основании численных прогностических полей давления // Тр. Гидрометцентра СССР. - 1979. - Вып. 225. - С.3-19.
11. Хандожко Л.А. Региональные синоптические процессы. - Л: ЛГМИ, 1988. - 103 с.

12. Хандожко Л.А. Региональные процессы погоды. - Л.: ЛГМИ, 1989. - 235 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ҚАПШАҒАЙ СУ ҚОЙМАСЫ АЙМАҒЫНДАҒЫ
ҚАТТЫ ЖЕЛДІ БОЛЖАУДЫҢ ӘДІСІ ТУРАЛЫ

Георг. г. канд. М.А. Мурадов

Қапшағай су қоймасы аймағындағы қатты жел тұруының климаттық ерекшеліктерін, синоптикалық және мезомаштаптық жағдайын зерттеу нәтижелері келтіріледі. Қысым аумағының өзгеруіне сандық баға беру мен су жымытығы деңгейі геопотенциалына негізделген осы құбылысты болжаудың әдістік негізі мазмұндалады. Әзірленген болжау әдісі автоматтандырылған нұсқада Қазгидрометтің Ауа райы Бюросының шұғыл жұмыстарына пайдалануға арналған.

УДК 555.5::[631.559 + 633."324"] (574)

О СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКИХ И НИЗКИХ УРОЖАЕВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В КАЗАХСТАНЕ

Л. А. Воронина

Проанализированы синоптические условия формирования высоких и низких урожаев озимой пшеницы в группах областей Западного, Восточного, Южного и Юго-Восточного Казахстана. Выявлены циркуляционные особенности урожайных и неурожайных по озимой пшенице лет.

Многими авторами [3, 4, 5, 6, 9], работающими над прогнозом урожайности зерновых культур, получены устойчивые связи между урожайностью озимой пшеницы, погодными условиями, складывающимися в период ее вегетации и циркуляционными особенностями. Ранее [1] автором были исследованы связи между урожайностью озимой пшеницы в областях Южного и Юго-Восточного Казахстана, распределением осадков и температуры воздуха в этих районах, а также циркуляционными характеристиками. В настоящей работе продолжены исследования в этом направлении. Погодные и циркуляционные условия рассмотрены для каждой из трех групп областей отдельно, так как анализ урожайных и неурожайных лет по озимой пшенице с 1945 по 1992 гг. показал, что для всех групп областей одновременно только один год - 1970 был урожайным и четыре года: 1945, 1951, 1977 и 1982 - неурожайными. Для объективной оценки синоптических условий формирования высоких и низких урожаев озимой пшеницы проанализированы среднепериодные карты АТ 500 [7], сборно-кинематические карты, аномалии месячных осадков и среднемесячной температуры воздуха, каталог с числом суток W, C, E - форм циркуляции по Г.Я. Вангенгейму [2] за урожайные и неурожайные годы для каждой группы областей отдельно.

Для групп областей Восточного и Юго-Восточного Казахстана рассмотрено по 10 случаев с высоким и низким урожаем, а для группы областей Западного Казахстана проанализировано 19 случаев с низким урожаем и 10 с высоким. Результаты приведены ниже.

Ю ж н ы й и Ю г о - В о с т о ч н ы й К а з а х с т а н

Сентябрь. Перед формированием неурожайных лет в сентябре предшествующего года чаще всего повторяются северо-западные вторжения на территорию Казахстана, которые соответствуют процессам E-формы по Г.Я. Вангенгейму и приводят к формированию полей среднемесячной температуры воздуха ниже нормы и дефициту осадков.

Перед годами с высоким урожаем число суток с типом циркуляции E уменьшается почти в два раза, процессы всех остальных форм циркуляции повторяются в одинаковой степени. Сохранение в течение двух-трех периодов одного и того же процесса очень редко, обычно происходит смена барических полей. Несколько чаще, чем в неурожайные годы наблюдаются процессы типа C, которые обуславливают сохранение температуры воздуха выше нормы и дефицит осадков.

Октябрь. Перед неурожайными годами по-прежнему сохраняется большая повторяемость процессов типа E, причем по сравнению с сентябрем она увеличивается в полтора раза. В отдельные годы наблюдаются северные вторжения, а ось гребня на АТ 500 чаще смещена к 50-60° в.д. Такие вторжения обычно сопровождаются понижением температуры воздуха и небольшим количеством осадков.

Перед годами с высоким урожаем увеличивается почти в два раза повторяемость процессов западно-восточного переноса (W) и уменьшается в полтора раза, по сравнению с октябрём перед неурожайным годом, число суток с типом E. Но почти в два

раза возрастает повторяемость числа суток с типом С. Благодаря усилению западно-восточного переноса, циклоны с Атлантики достигают Урала, а за счет затока дополнительной порции холодного воздуха из бассейнов Баренцева и Карского морей в тыл циклонов происходит их регенерация. Преобладает избыток осадков и среднемесячная температура воздуха выше нормы.

Ноябрь. Существенных различий в атмосферных процессах перед урожайными и неурожайными годами не обнаружено.

Декабрь. Перед годами с низким урожаем наибольшее число суток приходится на северо-западные и северные вторжения (тип Е). Над территорией Казахстана при таких процессах обычно устанавливается отрог антициклона, который усиливается за счет притока дополнительных порций холода. Преобладание процессов такого типа обуславливает над восточными районами республики температуру воздуха значительно ниже нормы и дефицит осадков. Повторяемость форм циркуляции типа С при этом в пять раз меньше.

Перед годами с высоким урожаем в 2,5 раза возрастает повторяемость синоптических процессов типа С, которые обуславливают выход южных циклонов на восточную половину республики. Выход южного циклона обычно завершается северо-западным или западным вторжениями. Вторжения холодного воздуха чаще всего бывают не продолжительными. В средней тропосфере преобладает западно-восточный перенос. Средняя месячная температура воздуха и осадки при этом превышают норму.

Январь. В годы с низким урожаем редко наблюдается стационарирование барических образований. Выходы южных циклонов при типе С, сменяются вторжениями холодного воздуха типа Е, причем в три раза возрастает повторяемость процессов типа С. Резкая и частая смена синоптических процессов обуславливает избыток осадков и среднемесячную температуру воздуха, близкую к норме.

В годы с высоким урожаем характерно уменьшение повторяемости процессов западно-восточного переноса волн большой амплитуды и увеличение (почти в два раза) повторяемости процессов с ложбиной над Европейской территорией России (тип С). Юго-западные потоки в средней тропосфере обуславливают формирование температуры воздуха выше нормы, а частые выходы южных циклонов - избыток осадков.

Февраль. Значительных различий в процессах в годы с высоким и низким урожаем не оказалось. В обоих случаях велика повторяемость меридиональных процессов типа Е, почти в три раза чаще чем W и С. Осадков при таких процессах выпадает мало, около и меньше нормы, среднемесячная температура воздуха - около и ниже нормы, лишь в отдельные годы (1966, 1970, 1987) с высоким урожаем в средней тропосфере преобладал западно-восточный перенос (W-форма), который обеспечивает быстрое перемещение барических образований у земли. Температура воздуха достигала в эти годы положительных экстремальных значений до 6°C , и наблюдался избыток осадков.

Март. Каких-либо резких отличий в синоптических процессах в годы с высоким и низким урожаем установить не удалось.

Апрель. В годы с низким урожаем преобладают процессы типа С, что обеспечивает частый вынос теплого воздуха из оайонов Малой Азии, который способствует повышению температуры воздуха у земли. Погоду над юго-востоком республики определяет отрог антициклона, в связи с чем здесь наблюдается дефицит осадков.

Апрелю в годы с высоким урожаем наиболее характерны меридиональные процессы, причем барические образования не стационарируют, а находятся в движении. Однако большинство процессов принадлежит типу Е (в два раза больше чем С), что обуславливает в восточной половине Казахстана выпадение обильных осадков и понижение температуры воздуха.

Май. В неурожайные годы наиболее частыми сохраняются процессы типа С. При этих процессах ложбина холода, направленная с севера на Черное море, способствует продолжительному выносу теплых и сухих масс воздуха с территории Ирана и Афганистана на восточную половину Казахстана, обуславливая тем самым дефицит осадков и положительную аномалию температуры воздуха.

В годы с высоким урожаем наблюдается увеличение повторяемости процессов типа Е, т.е. происходит частое вторжение влажного и холодного воздуха на территорию Казахстана. Осадков выпадает больше нормы, и температуры воздуха близка к норме или несколько ниже нее, что в общем благоприятно сказывается на дальнейшей вегетации озимой пшеницы.

Июнь. Существенного отличия в атмосферных процессах в неурожайные и урожайные годы не наблюдалось. Процессы типов С и W повторялись приблизительно в равной степени, несколько чаще повторяются процессы типа Е. По сравнению с маем, в июне повторяемость меридиональных процессов Е и С уменьшается, а западно-восточного переноса W увеличивается. В неурожайные годы преобладает положительная аномалия температуры воздуха, осадков чаще выпадает около и меньше нормы. В урожайные годы преобладает избыток осадков. Аномалия температуры воздуха чаще была ниже нормы, лишь в отдельные годы она могла значительно превышать ее. Но в эти годы, как правило, складывались благоприятные условия вегетации озимой пшеницы в предыдущие месяцы.

В о с т о ч н ы й К а з а х с т а н

Сентябрь. Перед годами с низким урожаем в Восточном Казахстане преобладают процессы с зональным переносом (тип W), причем активная фронтальная зона располагается в северных широтах (50-70° с.ш.), что обеспечивает перемещение циклонов севернее территории Казахстана. Погоду над территорией Казахстана определяет полоса высокого

давления, что обуславливает положительную аномалию температуры воздуха и дефицит осадков.

Перед урожайными годами уменьшается повторяемость зональных процессов (W) и увеличивается повторяемость меридиональных (E, C) процессов. При этом по среднепериодным картам AT500 можно отметить, что чаще крупные атмосферные волны находятся в движении, и лишь в редких случаях наблюдается их стационарирование. Температура воздуха обычно бывает близкой к норме или ниже нее, а количество выпавших осадков - больше нормы.

Октябрь. Перед годами с низким урожаем отмечается уменьшение в два раза, по сравнению с сентябрем, зональных синоптических процессов (W) и увеличение повторяемости процессов с северо-западными вторжениями (E). Процессы такого типа обуславливают формирование в восточной половине Казахстана отрицательных аномалий температуры воздуха и близкое к норме количество осадков.

Перед годами с высоким урожаем частота зональных процессов (W) увеличивается в три раза, повторяемость северо-западных вторжений (E) уменьшается в полтора раза и несколько увеличивается повторяемость процессов типа C с выносом тепла на территорию республики. Количество выпавших осадков чаще превышает норму, а температура воздуха близка к ней или несколько ниже.

Ноябрь. Очень важный месяц в периоде осенней вегетации и дальнейшей перезимовки озимой пшеницы. Перед неурожайными годами северо-западные и северные вторжения на Казахстан отмечаются в три раза чаще, чем процессы типа W и C, в отдельные годы они преобретают ультрополярную направленность. Частая повторяемость таких процессов обуславливает в Казахстане дефицит осадков и отрицательную аномалию температуры воздуха. В отдельные годы (1945, 1951, 1953, 1977) аномалия температуры воздуха достигала - 10 °C. В эти годы наблюдался максимум повторяемости процессов типа E - до 27 суток в месяц. Естественно, такой низкий фон температуры воздуха приводит к гибели еще неокрепших всходов.

Перед годами с высоким урожаем в полтора раза уменьшается повторяемость числа суток с типом циркуляции **E**, одновременно вдвое возрастает повторяемость процессов типа **W** и в полтора раза - **C**. Из анализа среднепериодных карт АТ 500 можно сделать вывод, что чаще повторяются зональные процессы (**W**), и лишь в 1967 году почти весь ноябрь преобладали северо-западные и северные вторжения (**E**), которые сопровождались обильными снегопадами, аномалия температуры воздуха в этом году была $-3,0^{\circ}\text{C}$. В остальные годы синоптические процессы обуславливают избыток осадков и температуру воздуха около или несколько ниже нормы.

Декабрь. Перед годами с невысоким урожаем частыми бывают как процессы зонального переноса (**W**), так и северо-западные вторжения (**E**), процессы типа **C** повторяются в четыре раза реже. У земли преобладает поле высокого давления. При широтных процессах это полоса высокого давления между Азорским и Сибирским максимумами. Пути перемещения циклонов лежат севернее 50° с.ш., что обеспечивают дефицит осадков и температуру воздуха около или ниже нормы.

Перед годами с высоким урожаем значительно возрастает (в три раза) повторяемость процессов типа **C**, хотя по-прежнему сохраняется большая повторяемость северо-западных и западных вторжений (**E**). Особенно отличился в этом плане вновь 1967 год, когда в течении декабря наблюдались процессы типа **E**, аномалия температуры воздуха в этот месяц составила $-10,0^{\circ}\text{C}$. Но так как все вторжения сопровождались обильными снегопадами, то такая низкая температура воздуха не причинила большого вреда росткам. В остальные годы синоптические процессы способствовали повышению температуры воздуха на $2-5^{\circ}\text{C}$ выше нормы, осадки также превышали норму.

Январь. В годы с низкой урожайностью озимой пшеницы преобладают широтные процессы типа **W**, причем основная фронтальная зона лежит севернее

50° с.ш. Число суток с формой циркуляции С в два раза меньше. Процессы такого типа обуславливают дефицит осадков и температуру воздуха несколько выше нормы.

В годы с высокой урожайностью в два раза уменьшается повторяемость зональных процессов, возрастает повторяемость меридиональных, более чем в два раза увеличивается число суток с типом циркуляции С, что способствует наиболее частому выходу южных циклонов. Выход южных циклонов, достигающих северных или восточных областей Казахстана, обычно завершается северо-западным вторжением. Эти процессы приводят к избытку осадков, и температуре воздуха близкой или ниже нормы.

Февраль. В годы с невысокой урожайностью наиболее частыми были процессы с северными и северо-западными вторжениями типа В, реже более чем в три раза наблюдались процессы типов W и С. Ось гребня на АТ500 в большинстве случаев прослеживается в районе 50-60° в.д., что обуславливало ниряние циклонов восточнее исследуемой территории, поэтому количество выпавших осадков в эти годы редко превышало норму, чаще отмечался дефицит осадков (7 случаев из 9). Аномалия температуры воздуха в 7 случаях из 9 была ниже нормы на 2-8 °С.

В годы с высокой урожайностью по-прежнему сохранялась высокая повторяемость процессов с северо-западными вторжениями, которые однако чаще чем в неурожайные годы сменялись процессами западно-восточного переноса. В эти годы по-прежнему часто повторялись процессы типа В, но их меридиональность была не так ярко выражена. В большинстве случаев (7 из 10) отмечался избыток осадков, но температура воздуха бывала как ниже, так и выше нормы. Исключение составлял лишь 1969 год, в котором преобладали северные вторжения, причем траектория перемещения ниряющих циклонов лежала значительно восточнее территории Казахстана. Над территорией республики преобладал отрог Сибирс-

кого антициклона, который и обеспечивал дефицит осадков и температуру воздуха ниже нормы на 6 - 9,0 °С.

Март. Для марта, по-прежнему, характерна большая повторяемость меридиональных процессов, типа **Е**, причем в годы с высоким урожаем они повторяются в полтора раза чаще, чем с низким. Повторяемость процессов формы циркуляции **С** в неурожайные годы в два раза больше, чем в урожайные. Но одновременно начинает возрастать число широтных процессов (**W**), особенно в годы с высоким урожаем. По аномалии температуры воздуха каких-либо отличий для лет с высокой и низкой урожайностью не удалось выявить, в обоих случаях наблюдается преобладание отрицательных аномалий температуры воздуха. В распределении осадков зато наблюдаются отличия: в неурожайные годы - дефицит осадков, а в урожайные - около нормы или больше нормы.

Апрель. В годы с невысоким урожаем наиболее характерны широтные процессы (**W**), причем активная фронтальная зона реже захватывает крайние северные районы республики, а чаще располагается в районе 60° с.ш. Повторяемость процессов типа **W** в неурожайные годы почти в два, а типа **Е** в полтора раза была больше, чем в урожайные годы, а это обуславливает дефицит осадков в неурожайные (7 случаев из 10) и к избытку осадков в урожайные годы (8 случаев из 10). В неурожайные годы в 8 случаях из 9 наблюдались крупные положительные аномалии температуры воздуха до 4 °С. В урожайные годы аномалия часто бывает отрицательной или близкой к норме, что определялось, в основном, частой повторяемостью процессов типа **Е**.

Май. В неурожайные годы преобладающими были процессы с ложбиной холода над Черным морем и Западным Казахстаном. На Восточную половину Казахстана при такой синоптической ситуации в теплый период усиливается вынос теплых масс воздуха, содержащих небольшое количество влаги. Такие процессы обуславливали высокий фон температуры воздуха (до 4 °С) и дефицит осадков.

В урожайные годы частыми были северо-западные вторжения, которые обеспечивали выпадение обильных осадков и отрицательную или близкую к норме аномалию температуры воздуха. В два раза увеличивалась повторяемость процессов типа E, причем ось гребня на AT500 проходила в районе 30 - 40 с.ш.

Июнь. Для неурожайных лет наиболее характерны процессы западно-восточного переноса (W). Циклоны с Атлантики, достигая территории Казахстана, заполняются и не вызывают существенных осадков, а так как повторяемость процессов типа E невелика, то чаще всего не происходит дополнительного заточка холода, необходимого для регенерации циклонов. Поэтому для неурожайных лет характерны дефицит осадков и положительные до 3 °C аномалии температуры воздуха.

В урожайные годы почти на половину уменьшается повторяемость широтных процессов (W), зато в полтора раза возрастает повторяемость северо-западных вторжений (E), которые обуславливают снижение аномалии температуры воздуха до нормы и ниже. Количество выпавших осадков чаще достигает нормы, а в отдельные годы превышает ее.

Обобщая изложенные выше результаты для групп областей Южного, Юго-Восточного и Восточного Казахстана, можно сделать некоторые выводы. Наиболее неблагоприятные условия для формирования урожая озимой пшеницы складываются, если в период осенней вегетации отмечается большая повторяемость процессов типа E, дефицит осадков и крупные отрицательные отклонения температуры воздуха, а в период весенней вегетации - большая повторяемость процессов типа C, дефицит осадков и крупные положительные отклонения температуры воздуха. Такие процессы приводят осенью к плохой всхожести и вымерзанию посевов, а весной вследствие засушливых явлений - к малому количеству зерен в колосьях и щуплости зерна. Благоприятные условия для формирования урожая озимой пшеницы закладываются в пе-

риод осенней вегетации при частой повторяемости широтных процессов типа W и меридиональных процессов типа С, когда наблюдается избыток осадков и температура воздуха близка к норме или несколько выше нее.

З а п а д н ы й К а з а х с т а н

Сентябрь. Перед неурожайными годами преобладают процессы типа E, частая повторяемость которых приводит к дефициту осадков в западных областях Казахстана. Однако велика повторяемость процессов типа W, поэтому в отдельные годы (1945, 1948, 1949) осадков выпало больше нормы. При процессах типа E заток холода происходит на восточную половину республики, а Западный Казахстан оказывается в гребне тепла, поэтому температура воздуха здесь чаще бывает выше или близкой к норме (14 случаев из 19).

Перед годами с высоким урожаем отмечается почти одинаковое число суток с типами циркуляции W, C и E, причем по среднепериодным картам AT500 можно отметить чередование всех трех форм циркуляции, т. е. тернобарические ложбины и гребни не стационарируют, а перенещаются, вызывая тем самым смену погоды. Создаются условия для выпадения осадков близко к норме или больше нее, а также пониженного фона температуры воздуха.

Октябрь. Перед годами с невысоким урожаем преобладают почти в одинаковой степени процессы западно-восточного переноса (W) и форм циркуляции E. Западно-восточный перенос способствует быстрому перемещению циклонов с Атлантики до Урала. Повторяемость процессов форм циркуляции C наблюдается в два раза реже. Температура воздуха чаще бывает близка к норме, а в отдельные годы выше нее. Количество выпавших осадков - близко или больше нормы.

Перед годами с высоким урожаем преобладают синоптические процессы с ложбиной холода, направленной на Черное море или Кавказ (C). При таких

процессах наблюдается частый выход черноморских циклонов, которые на Западный Казахстан приносят влагу и понижают температуру воздуха. В три раза уменьшается повторяемость широтных процессов и почти в два раза убывают процессы типа Е. Осадков в эти годы выпадает больше нормы, а температура воздуха - ниже нормы.

Ноябрь. Перед годами с низким урожаем чаще всего наблюдаются северо-западные и северные вторжения. Преобладают процессы типа Е, при которых на Западный Казахстан влаги поступает недостаточно, что и обуславливает дефицит осадков. Повторяемость их в два раза чаще, чем процессов типа W и в четыре - процессов типа С. Среднемесячная температура воздуха обычно выше или около нормы, но в отдельные годы (1952, 1953, 1975, 1977), когда в течение месяца преобладали северные и ультраполярные вторжения на территорию Казахстана, температура воздуха понижалась на 2-5 °С ниже нормы.

Перед годами с высоким урожаем в два раза возрастает повторяемость процессов типа С. Повторяемость процессов типа Е уменьшается почти в два раза. В отдельных случаях наблюдается в течении двух периодов стационарирование гребней и ложбин, но чаще происходит смена барических полей от периода к периоду. Осадки - больше или близки к норме, а температура воздуха - выше нормы на 1-5 °С. Исключение составляли 1960 и 1961 годы, когда отмечался дефицит осадков и температура воздуха была ниже нормы на 3-5 °С, в эти годы частыми были северные и ультраполярные вторжения на территорию Казахстана.

Декабрь. Перед годами с низким урожаем, также как в ноябре, преобладали процессы типа Е, но частыми оставались и процессы западно-восточного переноса (W), которые обуславливали дефицит осадков и преобладание температуры воздуха выше нормы, причем в отдельные годы: 1952, 1966, 1972, 1980, 1982, 1984, отклонения среднемесячной температуры воздуха были экстремальными (4-6 °С).

Дефицит осадков и тепло приводили к уменьшению снежного покрова, в связи с чем уменьшалась защищенность всходов.

Перед годами с высокой урожайностью преобладали процессы типа С, и по-прежнему сохранялась высокая повторяемость процессов типа Е. Продолжительного стационарирования барических образований не наблюдалось, крупные тернобарические волны находились в движении. Развитие синоптических процессов таким образом создавало условия для выпадения осадков (около или больше нормы) и обуславливало сохранение температуры воздуха выше нормы.

Январь. В неурожайные годы уменьшается число суток с типом циркуляции Е и возрастает почти в два раза с типом С. Преобладает дефицит осадков, а аномалия температуры воздуха в большинстве случаев выше нормы.

В урожайные годы повторяемость процессов типа Е несколько увеличивается, и возрастает повторяемость процессов типа W. Как и в неурожайные годы температура воздуха выше нормы на 1-3 °С, но осадков выпадает больше, чем в неурожайные годы.

Февраль. В неурожайные годы, как и в предыдущие месяцы сохраняется высокая повторяемость процессов типа Е, вдвое уменьшается повторяемость процессов западно-восточного переноса (W) и процессов типа С. Характерны дефицит осадков и высокий фон температуры воздуха.

В урожайные годы уменьшается повторяемость синоптических процессов типа Е, но возрастает почти в два раза число случаев с циркуляцией типа С. Температура воздуха и количество осадков превышают норму.

Март. В неурожайные годы резко возрастает повторяемость широтных (W) процессов и процессов с ложбиной холода, направленной с севера континента на Черное море и Кавказ (тип С), но по-прежнему высокой сохраняется повторяемость процессов типа Е. Циклоны со Средиземного моря не всегда оказывают влияние на погоду Западного Казахстана, так как траектория перемещения их лежит

через центральные районы Европейской территории России (ЕТР), в этом случае западные области Казахстана оказываются под влиянием антициклона или его отрога. Понижение температуры воздуха до отрицательных значений при такой ситуации происходит чаще всего без существенных осадков. Такие погодные условия после теплых и сухих зим могут приводить к вымерзанию всходов и, следовательно, к снижению урожайности.

В годы с высоким урожаем в два раза уменьшается повторяемость синоптических процессов типа С и сохраняется высокая повторяемость процессов типов Е и W. Преобладают синоптические процессы, когда в тыл циклоны, быстро перемещающиеся с Западной Европы к Уралу, происходит заток холода из районов Гренландии и Скандинавии, способствующий углублению циклона. При такой ситуации на западе Казахстана осадки и среднемесячная температура воздуха превышают норму.

Апрель. В годы с низким урожаем наблюдается увеличение в полтора раза повторяемости процессов типа Е, что обуславливает дефицит осадков и температуру воздуха выше нормы в западных областях Казахстана.

В годы с высоким урожаем возрастает почти в два раза повторяемость числа суток с типом С, но по-прежнему высокой остается повторяемость числа суток с типом Е. Температура воздуха преобладает выше нормы на 1-3 °С, и одновременно наблюдается избыток осадков.

Май. Для неурожайных лет характерна высокая повторяемость процессов типа Е, в три раза больше чем W и в полтора - С. Тем самым в западных областях Казахстана создаются условия для сохранения продолжительное время сухой и жаркой погоды. Температура воздуха превышает норму при значительном дефиците осадков.

Урожайные годы характеризуются в большинстве случаев избытком осадков и температурой воздуха, близкой к норме или несколько ниже нее. Преобладают меридиональные формы циркуляции. Сохраняется

частая повторяемость процессов типа Е, но одновременно в полтора раза увеличивается и количество процессов типа С, что и обуславливает увеличение осадков и сохранение температуры воздуха близкой к норме в западных областях Казахстана.

Июнь. В годы с низким урожаем, как и в мае, отмечается недобор осадков и аномалия температуры воздуха около и выше нормы, причем нередко были крупные отклонения температуры от нормы (до 4°C). И вновь основными процессами, определяющими такую погоду, были процессы типа Е, в два раза чаще чем С и W.

В годы с высоким урожаем температурный фон сохраняется около нормы и количество осадков, близкое к норме или несколько выше нее. Повторяемость процессов типа Е снижается и происходит увеличение почти в два раза повторяемости процессов типа С и W.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что для формирования урожая озимой пшеницы на любой стадии развития в областях Западного Казахстана неблагоприятными условиями являются - частая повторяемость процессов типа Е, дефицит осадков и крупные положительные аномалии температуры воздуха. В Западном Казахстане при преобладании такого типа циркуляции складываются условия для возникновения атмосферной, а при низких запасах влаги в почве - почвенной засухи. Осенью (сентябрь-октябрь) создаются условия к затяжной всхожести зерен, изреженности всходов к слабому кущению ростков. Растения уходят в зиму слабозакаленными. Весной такая ситуация приводит к ухудшению условий формирования колоса и налива зерна. К благоприятным можно отнести условия, когда в течение всего периода вегетации происходит чередование процессов трех форм циркуляции (Е, С, W). Во время осенней вегетации температура воздуха близка к норме или несколько выше нее, весной же преобладает пониженный фон температуры воздуха. Осадков выпадает достаточное количество как осенью, так и весной.

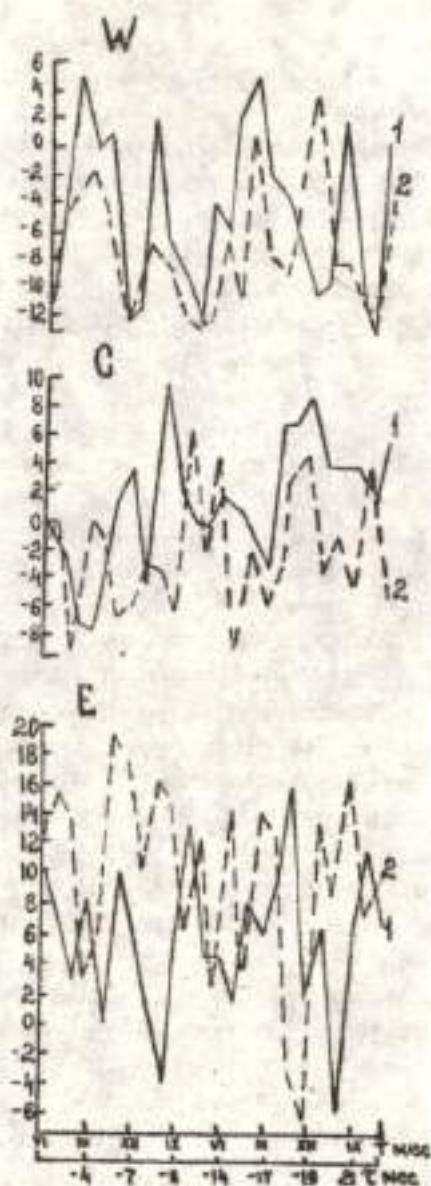


Рис. Аномалия числа суток (n) с типами циркуляции W, C и E перед годом с высоким (1) и низким (2) урожаем озимой пшеницы

Представляет интерес рассмотреть ход числа суток с формами циркуляции W, C и E перед годом с высоким и низким урожаем озимой пшеницы. На рисунке представлен ход числа суток с формами циркуляции на примере двух лет: 1970 г. - урожайный год озимой пшеницы и 1977 г. - неурожайный для всех трех групп областей одновременно.

Как видно на рисунке ход кривых аномалии числа суток с формой циркуляции W в урожайный и неурожайный год в целом повторяет друг друга. Разница в ходе кривых отчетливо видна лишь в январе, декабре и октябре, соответственно за 18, 19 и 21 месяц до начала уборки урожая. Такое незначительное отличие в аномалии числа суток с формами циркуляции W в урожайный и неурожайный год можно объяснить спецификой процессов при этой форме циркуляции. Барические образования не стационарируют, а быстро перемещаются с запада на восток, не вызывая каких-либо крупных аномалий температуры воздуха и осадков. Исключение составляют те месяцы, в которые широтная фронтальная зона располагается в северных широтах (над Казахстаном в этом случае отмечается дефицит осадков) или сильно смещена к югу (в этом случае - нормальное распределение осадков или незначительный их избыток).

Рассматривая ход кривых аномалии числа суток с формой циркуляции C, видим, что в этом случае во многие месяцы кривые находятся в противофазе. Особенно это ярко отличается в марте, январе, декабре, октябре и сентябре, соответственно за 4, 6, 7, 9 и 10 месяцев до начала уборки урожая. В урожайный год в марте характерно число суток с формой циркуляции меньше нормы, а в январе, декабре, октябре и сентябре наоборот - больше нормы.

При анализе рисунка с графиком хода числа суток с формой циркуляции E бросается в глаза, что в год с низким урожаем отмечается значительная положительная аномалия числа суток (до 12-20) в месяцы более близкие к уборке урожая, а в год с

высоким урожаем повторяемость числа суток в эти месяцы - значительно меньше (от 4 до 10). Разница в 10 и более суток приходится на ноябрь и октябрь, т.е. именно на те месяцы, когда происходит закладка урожая. Это подтверждает изложенные выше выводы, что частая повторяемость процессов типа В в ноябре и октябре приводит к значительному снижению урожая озимой пшеницы на следующий год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронина Л.А. О синоптических условиях формирования урожайности озимой пшеницы на Юге и Юго-Востоке Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 2. - С. 113-123.
2. Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. - Л.: Гидрометеоиздат, 1974. - 486 с.
3. Дроздов О.А. Засухи и динамика увлажнения. - Л.: Гидрометеоиздат, 1980. - 94 с.
4. Кулик М.С. Методическое пособие по составлению долгосрочных агрометеорологических прогнозов среднеобластной урожайности озимых зерновых в нечернозёмной зоне. - М.: Гидрометеоиздат, 1971. - 24 с.
5. Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. - Л.: Гидрометеоиздат, 1975. - 295 с.
6. Моисейчик В.А. Методическое пособие. Методы составления долгосрочных агрометеорологических прогнозов перезимовки озимых культур по территории областей, республик и в целом по СССР. - М.: Гидрометиздат, 1972. - 104 с.
7. Пасов В.М. Синоптико-статистический метод прогнозирования урожайности зерновых культур // Метеорология и гидрология, 1992. - № 10. - С. 77-84.
8. Утешев А.С. Атмосферные засухи и их влияние на природные явления. - Алма-Ата: Наука, 1972. - 176 с.

9. Федоров Е.К. Погода и урожай. - Л.: Гидрометеиздат, 1973. - 56 с.
10. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. - СПб.: Гидрометеиздат, 1991. - 304 с.
11. Chmielewski F. - M., Lieth H. Der Einfluss von Klimaschwankungen auf die Kornertrage des Winterrogens in Halle von 1901 bis 1980 // Wiss. Z. Humboldt- Univ. Berlin. R. Math / Naturwiss. - Vol. 41, N 2. - S. - 55 - 67.

Бюро погоды Казгидромета

ҚАЗАҚСТАНДА КҮЗДІК БИДАЙ ӨНІМДІЛІГІНІҢ
ЖОҒАРЫ ЖӘНЕ ТӨМЕНДІГІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ
ЖАҒДАЙЛАРЫ ТУРАЛЫ

А.А.Ворошнина

Қазқстанның Батыс, Шығыс, Оңтүстік және Оңтүстік-шығыс облыстарында күздік бидай өнімінің жоғары және төмендігін қалыптастырудың синоптикалық жағдайда талданады. Күздік бидайдың өнімді және өнімсіз жылдарының айналмалы ерекшеліктері бөлектеп алынады.

УДК 551.510.42

РАДИАЦИОННОБАЛАНСОВАЯ МОДЕЛЬ ПЛОСКОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПЫЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ОЦЕНКА ФОНОВЫХ СУХИХ ВЫПАДЕНИЙ

Канд. физ.-мат. наук О.Е.Семенов

Описана простая теплоробалансовая модель генерации аэрозолей плоскостными источниками вследствие развития конвекции и определены ее параметры для пустынных и полупустынных зон Средней Азии и Казахстана. Сделана оценка средних многолетних фоновых сухих выпадений аэрозолей в регионе Арала и в Южной Прибалхашье, которые достигают за год (45-79) г·м⁻². Приведен годовоу ход сухих выпадений.

Поверхность почвы и растительность являются плоскостным источником поступления аэрозолей в атмосферу за счет вертикальных конвективных движений воздуха днем и осаждения поднятых частиц на земную поверхность (и планшеты для наблюдений) в вечерние и ночные часы. Этот механизм подъема аэрозолей в атмосферу и последующего осаждения на поверхность исследовался А.Ф.Ковалевым в различных географических зонах, в том числе для полупустынных условий Средней Азии [1]. Наблюдения за временным ходом оптической толщи атмосферы (τ) и отбор проб аэрозоля позволил ему проследить за суточной динамикой поведения поднятого с поверхности земли аэрозоля в атмосфере. Оптическая толщина атмосферы росла с 8 часов до 16, а затем начала уменьшаться, достигая минимума к 24 часам. Рост τ утром и днем сопровождался увеличением содержания аэрозоля в пограничном слое атмосферы. Уменьшение τ после 16 часов объясняется началом обратного процесса - стока ранее поднятого аэрозоля из атмосферы на подстилающую поверхность.

Как отмечено О.Д.Бартеневой с соавторами [4] в послеполуденное время в пустыне начинается выхолаживание поверхности почвы, т.к. нагрев ее за счет притока коротковолновой радиации делается в энергетическом отношении меньше собственного длинноволнового теплового излучения. Выхолаживание поверхности зависит от прозрачности атмосферы и, оказывается тем больше, чем она выше. Сток, как правило, заканчивался к часу ночи. Часть аэрозоля не успевала седиментировать на поверхность из-за развития мощных приземных инверсий температуры.

По данным серии измерений длительностью 3-5 суток наблюдалось ежедневное увеличение среднесуточного значений t на 5-10 % относительно предыдущих суток. После вторжений новых воздушных масс и осадков оптическая толща атмосферы значительно уменьшалась из-за уноса и вымывания аэрозолей. Исследования Ковалева показали, что наряду с золовыми процессами по подъему частиц почвогрунтов в атмосферу действует практически ежедневный процесс подъема аэрозолей в атмосферу в часы с положительным значением радиационного баланса подстилающей поверхности (R) и стока его на землю в часы с отрицательными величинами R .

Повседневность этого явления позволяет считать радиационный баланс ответственным за формирование фонового аэрозольного загрязнения атмосферы естественного происхождения и фоновых сухих выпадений на поверхность. Таким образом, сухие выпадения аэрозолей естественного происхождения на поверхность региона формируются двумя природными механизмами поднятия частиц почвогрунтов в атмосферу:

- сильными ветрами при возникновении пыльных бурь;
- за счет развития конвективных процессов в атмосфере.

Поэтому сухие выпадения генетически следует делить на выпадения от шлейфов выноса пыльных бурь и фоновые выпадения.

При создании модели плоскостных источников генерации пыли естественно предположить, что приращение массы аэрозоля в приземном слое атмосферы в единицу времени за счет конвективных движений пропорционально массе частиц, участвующих в процессе подъема в атмосферу, и приращению величины радиационного баланса подстилающей поверхности, т.е.

$$dM = k \cdot M \cdot dR. \quad (1)$$

Здесь dM - приращение массы аэрозоля в единицу времени в столбе атмосферы с основанием один m^2 ; M - масса аэрозолей в столбе атмосферы, $г \cdot м^{-2}$; k

коэффициент пропорциональности; dR - приращение радиационного баланса подстилающей поверхности.

Хорошо известно, что решение дифференциального уравнения типа (1) можно представить в виде

$$M = M_0 \cdot e^{kR}, \quad (2)$$

где M_0 - масса аэрозоля в столбе атмосферы в начальный момент процесса конвективного подъема, $г \cdot м^{-2}$.

Для определения значений параметров полученного уравнения (2) для условий Центральной Азии нам послужили результаты измерений генерации аэрозоля подстилающей поверхностью, выполненные Ковалевым в сентябре месяце в районе г.Самарканда. Он охарактеризовал поверхность полупустынной зоны как постоянно действующий плоскостной источник с часовой производительностью ($M\dot{}$) от 0,002 до 0,045 $г \cdot м^{-2}$ в интервале времени, когда радиационный баланс имеет положительные значения [1]. В своей работе Ковалев не проводил измерений R , поэтому для оценки параметров уравнения (2) были привлечены его средние многолетние величины по ст.Самарканд для сентября из справочника по климату СССР [2].

Минимальное значение положительных часовых сумм R достигается в 8 часов утра - 0,36 МДж $м^{-2}$, максимальное в послеполуденные часы -

$1,46 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$. Используя эти величины были определены численные значения M_0 и k в формуле (2)

$$M \uparrow = 0,72 \cdot 10^{-3} \cdot \exp(2,83 R). \quad (3)$$

Размерный коэффициент пропорциональности $k = 2,83$ в формулах (2) и (3) можно представить как величину, обратную минимальному критическому значению часовой суммы радиационного баланса (R_H), при достижении которой начинается процесс конвективного поднятия пыли в атмосферу

$$M \uparrow = M \uparrow_0 \exp(R/R_H). \quad (4)$$

Из (3) и (4) численное значение $R_H = 1/2,83 = 0,35 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$. Полученные формулы (3) и (4) позволяют оценивать массу аэрозолей, поднимаемую в атмосферу за часовой интервал времени по известным значениям часовых сумм радиационного баланса подстилающей поверхности.

Оценка сухих фоновых выпадений, формирующихся описанным механизмом, выполнена для двух регионов - Приаралья и Прибалхашья. В Приаралье имеется две метеостанции, проводящие актинометрические наблюдения. В Южном Приаралье - это Тахиаташ, в Северном - ст. Аральское Море. Используя материалы их измерений, можно получить средние многолетние оценки фоновых сухих выпадений ($M \downarrow$) в Приаралье [2], считая, в первом приближении, что вся поднятая днем масса аэрозоля выпадает на поверхность в часы с отрицательными значениями радиационного баланса, т.е.

$$M \uparrow_0 \approx M \downarrow_0. \quad (5)$$

Это допущение, как уже говорилось выше, приводит к небольшому завышению оценки фоновых сухих выпадений порядка 5-10 %.

Определение средних многолетних значений фоновых выпадений аэрозоля проводилось в следующем порядке. По климатическим справочникам определя-

лись даты установления и схода снежного покрова, для исключения этого промежутка года из расчетов [2,3].

По средним многолетним часовым суммам радиационного баланса по формуле (4) вычислялась масса аэрозоля, генерируемого поверхностью земли за каждый часовой интервал времени всех месяцев года. Затем часовые величины масс аэрозолей суммировались для получения средней многолетней величины суточной массы фоновое содержания аэрозоля в столбе воздуха с основанием один м².

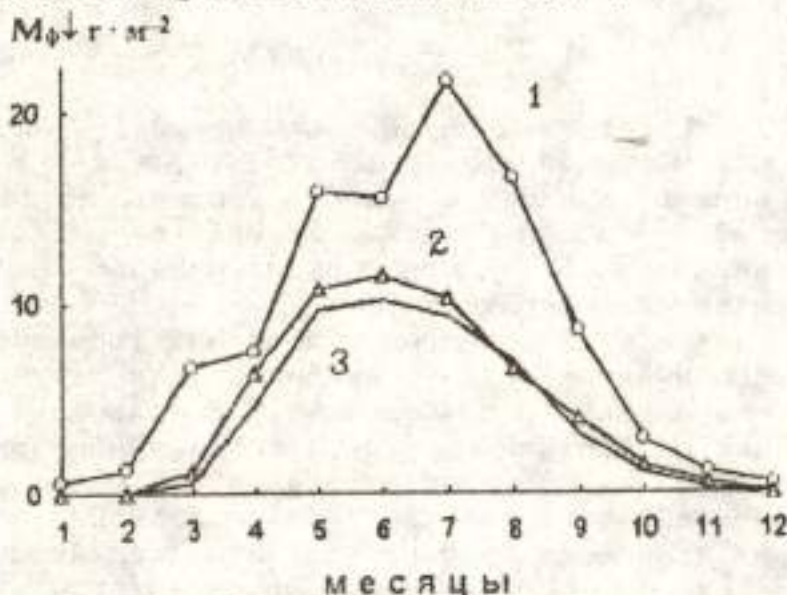


Рис. Годовой ход месячных сумм фоновых сухих выпадений.

1- Ташиаташ, 2- Айдарлы, 3- Аральское Море.

Далее суточные величины каждого месяца умножались на число суток в нем и определялась месячная масса поднимаемого в воздух аэрозоля. Для месяцев, на которые приходится дата установления и схода снежного покрова, число суток при умножении соответственно уменьшалось. На рис. представлены полученные средние многолетние месячные значения фоновых сухих выпадений аэрозоля на поверхность в регионе Арала и для сравнения приведены

данные ст.Айдарлы из Южного Прибалхашья, расположенной по широте несколько южнее ст.Аральское Море.

Во внутригодовом ходе фоновых сухих выпадений в Приаралье максимальные значения на севере наблюдаются в июне месяце, на юге региона - в июле. Суммарные годовые выпадения на ст.Аральское Море достигают $44,6 \text{ г/м}^2$ (или т/км^2), на ст.Тахаташ - $79,15 \text{ г/м}^2$. Таким образом, приблизительно фоновые годовые массы сухих выпадений в дельте Амударьи можно принять равными $M_0 = 79 \text{ т/км}^2$, на территории Казахстанского Приаралья - 45 т/км^2 . Близкие к последней оценке массы аэрозолей выпадают в Прибалхашье - до 53 т/км^2 в год.

Полученная модель может быть полезной при изучении потоков аэрозолей из пустынных и полупустынных зон Средней Азии и Казахстана, определении фоновых уровней загрязнения атмосферы пылью и оценках выпадений частиц твердой фазы из песчано-солевых потоков в Приаралье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев А.Ф. Некоторые характеристики поверхности земли как источника атмосферного аэрозоля // Тр.ИЭМ.- 1990.- Вып. 51 (142).- С.83-87.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Ч.1-6. - Вып.19.- Л.:Гидрометеиздат, 1989. - 350 с.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Ч.1-6. - Вып.18. - Л.:Гидрометеиздат, 1989.- 514 с.
4. Прозрачность толщи атмосферы в видимой и ближней ИК-области спектра / О.Д.Бартеньева, Н.И.Никитинская, Г.Г.Сакунов, Л.К.Веселова.- Л.:Гидрометеиздат, 1991.- 224 с.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

ЖЕР ҮСТІ ШАҢДАНУЫНЫҢ ҚАБАТТЫҚ КӨЗДЕРІНІҢ
РАДИАЦИЯЛЫҚ-ТЕНГЕРІМДІК МОДЕЛІ
ЖӘНЕ
ФОНДЫҚ ҚЫЛАУЛАРҒА БАҒА БЕРУ

Физ-мат. ғ. канд. О.Е. Семенов

Конвекцияны дамытуға әсер ететін қарапайым жылу-теңгерімдік қабаттық аэрозолдардың генерация моделі көздері баяндалады және оның Орта Азия мен Қазақстандағы шөл және шөлейтті аймақтарындағы аумағы анықталады. Арал аймағы мен Оңтүстік Балқаш бойындағы, бір жылда (45-79) г.м⁻² жететін орташа көпжылғы құрғақ фондық қылауларға баға беріледі. Құрғақ қылаулардың жылдық берісі келтіріледі.

УДК 663.11.001.24 (574.2)

**ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ЕЕ СВЯЗЬ
С АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ**

Д.А. Скакова

За период 1900–1995 гг. выделены годы с экстремальными значениями коэффициентов тепло-влажностнообеспеченности и проанализированы их взаимосвязи с данными по урожайности яровой пшеницы по Северному Казахстану.

В перечне бедствий, связанных с жизнью атмосферы, есть антипод многоводью – засухи, которые представляют собой проявление резкой засушливости в природе на фоне длительного бездождья или незначительных осадков. Но не совсем верно определять это явление как длительное бездождье, так как далеко не всегда бездождье является засухой. Нельзя сказать, что зависимость людей, их хозяйственной деятельности от капризов погоды сейчас такая же, какой она была раньше. Но она есть и довольно значительная. Поэтому изучению засух посвящено много трудов в отечественной и зарубежной литературе. Засухи рассматриваются с различных точек зрения, и поэтому их оценка относительная. Каждый исследователь применяет свои критерии и имеет свой каталог.

В процессе выполнения данной работы потребовалось составить собственный каталог засух. Выбор наиболее оптимального критерия определения засухи на территории Северного Казахстана проводился путем применения различных методик:

- выделение засушливых лет с помощью гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) и индекса Педа (S_1);
- выделение засушливых лет с применением величины среднеквадратического отклонения урожайности от средних значений;

- выделение засушливых лет по величине отклонения урожайности от линии тренда, выраженной в процентах.

Для характеристики засух существует ряд критериев в основу которых положена та или иная функция. Ценность любого агроклиматического показателя зависит не только от того, насколько он способен отразить однородность территории по выделяемому признаку. Предоставилась возможность проверить оптимальность критериев засухи, предложенных в работах [8,10] для территории Северного Казахстана - это гидротермический коэффициент Селянинова и индекс Педя, формулы которых широко известны.

Для анализа и статистического описания динамики засушливости и урожайности необходимо в первую очередь выявить форму его тренда, которую можно найти путем применения различных количественных методик [1,2]. Многолетний опыт изучения динамики урожайности показывает, что для ее описания достаточно ограничиться линейной формой ее тренда, которая дает правильное представление об эволюции урожайности. Выбор более сложной формы тренда может привести к искусственному преуменьшению реальной колеблемости и уменьшению устойчивости параметров тренда к устойчивым колебаниям ряда. Представляет интерес произвести сравнение параметров ГТК и S_1 с урожайностью (U). Подобные связи должны быть сложными, так как урожайность зависит не только от летней погоды, но и от сортности, фаз развития и т.п. Наблюдаемые тенденции роста урожайности (рис.1) объясняются улучшением культуры земледелия и интенсификации сельскохозяйственного производства. Зависимость урожая от тепловлагообеспеченности изучалась за период 1900-1995 гг. и оказалась разной для различных областей. В качестве примера рассмотрим динамику урожайности и ход величин выбранных коэффициентов для Северо-Казахстанской области. Для практических целей изучены не все месяцы, а только период май-июль. Отметим то обстоятельство, что имелись годы, когда изучаемого явления не наблюдалось.

На рис.1,2 показана динамика урожайности и тепловлагообеспеченности яровой пшеницы за период май-июль 1954-1995 гг. Прослеживается зависимость изменения значения величины урожайности от величин ГТК и S_1 . Следует отметить, что за анализируемый период явления очень сильной засухи по индексу Педя не наблюдалось.

Принятый в агрометеорологии метод установления связи урожайности с показателем увлажнения за вегетационный период позволяет выявить засушливые годы. Построенные графики связи с показателями тепловлагообеспеченности позволили установить годы с сильными отклонениями от линии тренда. Выявление засухи, как известно, необходимо начинать с анализа динамики урожайности, обращая внимание на случаи ее сильного отклонения от линии тренда в различные по метеорологическим условиям годы. Одновременно в годы снижения урожайности необходимо принимать во внимание режим метеорологических условий.

Тренд урожайности непрерывно возрастает вследствие постоянного повышения культуры земледелия. Для выявления воздействия погоды на урожайность, исключим тренд и рассмотрим только ту часть колебания урожайности, которая обусловлена условиями погоды.

Таким образом, разобьем все случаи наибольших отклонений от линии тренда на 4 группы по следующим признакам:

- низкие значения урожайности соответствуют величине рассматриваемого показателя ГТК $< 0,5$;
- низкие значения урожайности соответствуют значениям индекса $S_1 > 2$;
- низкая урожайность совпадает одновременно с соответствующими показателями засухи по ГТК и S_1 ;
- высокая урожайность вызвана хорошим увлажнением (ГТК > 1 , $S_1 < 1$).

Из анализа выявленных засушливых периодов видно, что низкая урожайность не всегда совпадает с показателями засушливости по ГТК и S_1 , что яв-

ляется подтверждением выводов, сделанных в работе Е.В.Бессоновой [3] о том, что на изменчивость урожая по территории при благоприятном увлажнении оказывает влияние не только обеспеченность культуры теплом и влагой, но и запасы влаги, накопленные в холодный период года и т.п.

К группе 1 относятся 1955, 1957 гг. — мало осадков и очень засушливо (рис.1). Вторая группа включает в себя 1955, 1957, 1965 гг. (рис.2). К 3 группе отнесем 1955, 1957, 1965 гг. Во все эти годы одновременно ГТК и S_1 , дающие явление засухи по Северо-Казахстанской области совпадают с сильным спадом урожайности. Исключение составляет лишь 1965 год, когда значение ГТК, равное 0,5 соответствует градации "засушливо и недостаточно влажно" (табл.1).

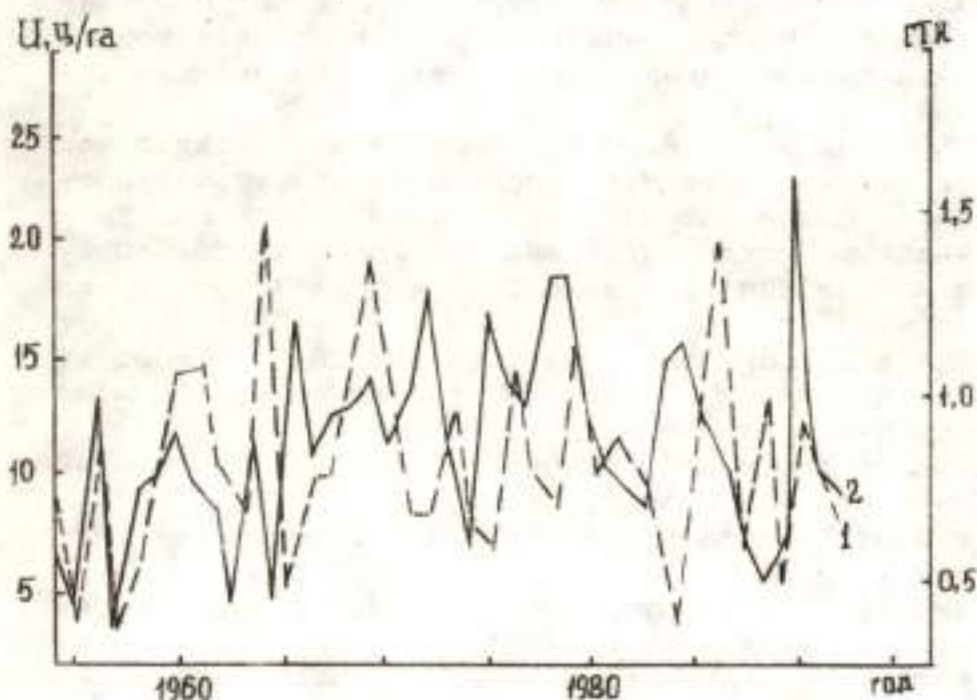


Рис.1 Динамика урожайности яровой пшеницы (2) и значений ГТК (1) по Северо-Казахстанской области за 1954-1995 гг.

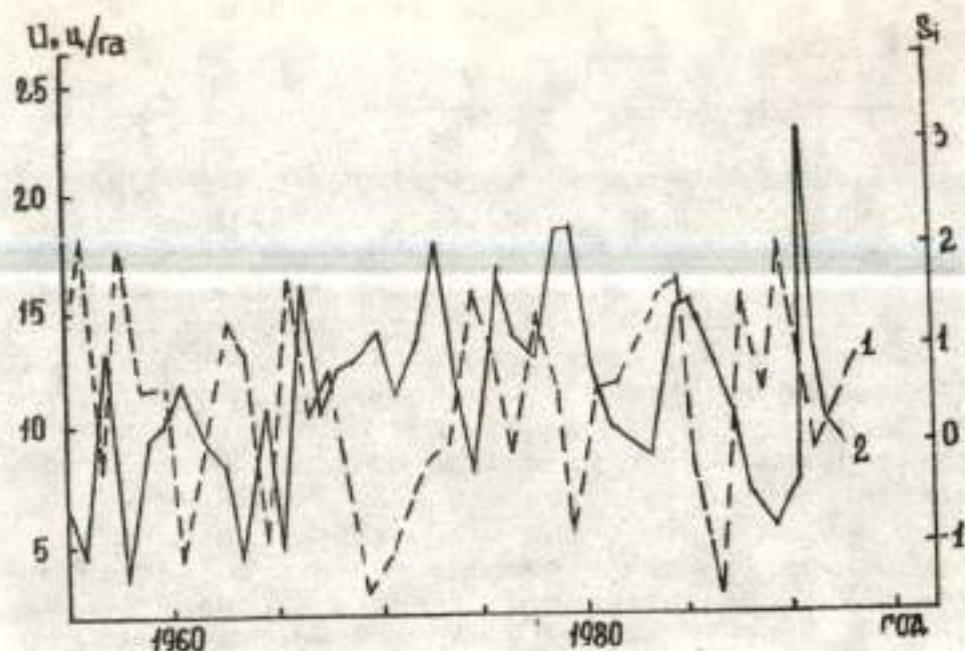


Рис. 2 Динамика урожайности яровой пшеницы (2) и индекса Педя (1) по Северо-Казахстанской области за 1954-1995 гг.

Таблица 1

Урожайность яровой пшеницы (ц/га)
и индексы тепловлагообеспеченности
по Северо-Казахстанской области
(1954-1995 гг.)

| Годы | ГТК | U | S ₁ |
|---|-----|------|----------------|
| 1955 | 0,4 | 4,3 | 2,1 |
| 1957 | 0,4 | 3,3 | 1,9 |
| 1963 | 0,7 | 4,4 | 0,9 |
| <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> | | | |
| 1973 | 1,0 | 18,0 | 0,0 |

Продолжение таблицы 1

| Годы | ГТК | U | S ₁ |
|------|-----|------|----------------|
| 1979 | 1,2 | 18,5 | -0,9 |
| 1980 | 0,8 | 18,5 | -0,6 |
| 1992 | 1,3 | 23,4 | 0,0 |

Анализ таблицы 1 подтвердил выводы, сделанные в работах [1,2,4-10] о соответствии максимального урожая показателям ГТК > 1,0 и S₁ < 1,0 (минимальному урожаю соответствуют значения ГТК < 0,5 и S₁ > 1,7). Совместный анализ таблиц и графиков показал, что изменения коэффициентов, в основном, повторяются ходом кривой урожайности.

Именно в эти годы наблюдались максимальные отклонения кривых урожайности и коэффициентов тепловлагообеспеченности от линии тренда. Также представляет интерес выделить следующие периоды устойчивого понижения урожайности по рассматриваемой области: 1960-1963 гг. (урожайность упала с 12,1 ц/га до 4,4 ц/га), 1973 - 1975 гг. (18 - 7,9 ц/га), 1980 - 1984 гг. (18,5 - 8,8 ц/га), 1986-1990 гг. (15,5-5,5 ц/га).

Особенно губительны сдвоенные годы с засухами и годы с засухами, повторяющимися через один год, т.к. в последнем случае одного года недостаточно, чтобы ликвидировать полностью последствия предыдущей засухи. Такие засухи наблюдались по Павлодарской области, где за последние 40 лет явление сдвоенной засухи наблюдалось в 1962-1963, 1969-1970, 1974-1975, 1981-1982 гг. Некоторое несоответствие позволяет сделать вывод о том, что тепловлагообеспеченность является хоть и основной, но не единственной причиной, влияющей на величину урожайности сельскохозяйственных культур.

Были рассчитаны средние квадратические отклонения урожайности яровой пшеницы для каждой из рассматриваемых областей. Для примера рассмотрим динамику урожайности по Северо-Казахстанской области (рис.3). Среднее квадратическое отклонение

является важной характеристикой изменчивости и более удобной характеристикой варьирования, чем дисперсия [15]. Были выделены, так называемые, интервалы $U \pm \sigma$, где находится 68,27 % всех вариантов, в пределах которых варьирование величины урожайности считается нормальным. Анализ графика позволил легко выделить годы, в которые величина урожайности переходила допустимые пределы в ту или иную сторону. Таким образом, засушливыми по Северо-Казахстанской области за последние 40 лет по нашему критерию можно считать 1955, 1957, 1963, 1965, 1989, 1990 годы. Высокая урожайность наблюдалась в 1966, 1973, 1976, 1979, 1980, 1992 годах. Обращает на себя внимание тот факт, что в периоды 1967-1972 гг. и 1981-1989 гг. величина урожайности колебалась в пределах среднеквадратического отклонения. А также, что два десятилетия подряд с 1966 по 1989 гг. явления сильной засухи на территории Северо-Казахстанской области не наблюдалось.

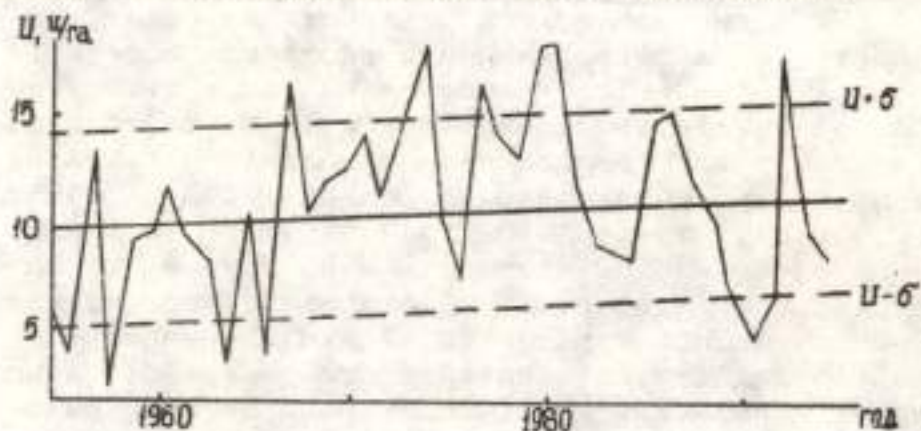


Рис. 3. Динамика урожайности яровой пшеницы по Северо-Казахстанской области за период 1954-1995 гг.

Применение этой методики требовало построения таблиц средней урожайности в отклонениях от тренда по каждой области в отдельности. Были рассчитаны отклонения от тренда, выраженные в

процентах. Для примера рассмотрим выделенные засушливые годы по величинам отклонения урожайности от линии тренда по Северо-Казахстанской области (табл. 2).

Таблица 2

Средняя урожайность яровой пшеницы
по Северо-Казахстанской области
в % от тренда

| Годы | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1950 | - | - | - | - | 69* | 43* | 136 | 32* | 92 | 97 |
| 1960 | 118 | 94 | 83 | 42* | 108 | 41* | 157 | 103 | 119 | 124 |
| 1970 | 133 | 108 | 129 | 167 | 103 | 73* | 158 | 128 | 119 | 170 |
| 1980 | 168 | 115 | 90 | 86 | 79 | 133 | 137 | 107 | 95 | 64* |
| 1990 | 48* | 64* | 198 | 111 | 86 | 74 | | | | |

* - засушливый год

Как видно из таблицы, наиболее высокая урожайность за рассматриваемый период была зарегистрирована в 1992 г., а наиболее низкая - в 1957 г. и равнялась соответственно 198 и 32 % от тренда. За анализируемый период наблюдались 10 засушливых лет по Северо-Казахстанской области (1954, 1955, 1957, 1963, 1965, 1975, 1989, 1991 гг.). Аналогичные расчеты были проведены и по другим областям Северного Казахстана. Материалы, полученные на основе подобных расчетов, даны в приложении в виде таблиц. Так, по величинам отклонения от линии тренда, наименьшая урожайность была зарегистрирована по Павлодарской области в 1965 г. - 24 %, по Костанайской области - в 1984 г. - 29 %, по Кокшетауской области - в 1965 г. - 30 %, по Акмолинской области - в 1965 г. - 24 % от линии тренда.

Таким образом, были получены необходимые выводы на основе анализа данных по всем областям Северного Казахстана и выделены засушливые годы. В итоге проделанной работы составлен каталог засух для дальнейшего исследования явления.

Материалы за 1880-1957 гг. и 1958-1989 гг. использованы соответственно из работ Т.В.Покровской и Н.Е.Ефремовой [9] и Г.Н.Чичасова [15], а за последние годы рассчитаны автором.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алпатьев А.М., Иванова В.Н. Характеристика и географическое распределение засух // Засухи в СССР, их происхождение, повторяемость и влияние на урожай.- Л.: Гидрометеоиздат, 1958.- С.31-45.
2. Байдал М.Х., Утешев А.С. О сопряженности явлений засух юга Европейской территории СССР и северной половины Казахской ССР // Тр.КазНИГМИ.- 1959.- Вып.11.- С.130-145.
3. Бессонова Е.В. Засуха в различные периоды развития сельскохозяйственных растений и ее влияние на урожайность // Засухи в СССР, их происхождение, повторяемость и влияние на урожай.- Л.: Гидрометеоздат, 1958.- С.54-71.
4. Давыдов Н.И. О критериях засушливости и методах прогноза засух.- Л.: Гидрометеоздат, 1985.- С.20-34.
5. Многолетние ряды средних областных комплексных метеорологических параметров для основной сельскохозяйственной зоны СССР. 1891-1980 гг./Под ред.А.В.Мещерской, В.Г.Блажевич.- Л.: Гидрометеоздат, 1985.- 300 с.
6. Обухов В.М. Урожайность и метеофакторы.- М.: Госпланиздат, 1949.- 318 с.
7. Педь Д.А. О связи урожая зерновых культур с показателями атмосферной засушливости // Тр.Гидрометцентра СССР.- 1979.- Вып.213.- С.66-81.
8. Педь Д.А. О показателях засухи и избыточного увлажнения // Тр.Гидрометцентра СССР.- 1975.- Вып.156.- С.19-39.
9. Покровская Т.В., Ефремова Н.И. О соотношении гелиогеофизических и циркуляционных факторов

- в формировании засух // Тр.ГГО.- 1981.- Вып.443.- С.12-19.
10. Селянинов Г.Т. Происхождение и динамика засух // Засухи в СССР, их происхождение, повторяемость и влияние на урожай.- Л.: Гидрометеиздат, 1958.- С.5-30.
 11. Скаков А.А. Климатические особенности атмосферных засух и избыточного увлажнения в Казахстане // Тр.КазНИГМИ.- 1981.- Вып.83.- С.81-90.
 12. Условия водоснабжения зерновых культур в степных районах северной половины Казахстана и в Кулунде / Под ред.М.С.Кулика.- М.: Гидрометеиздат, 1960.- 160 с.
 13. Утешев А.С. Атмосферные засухи северной половины Казахстана // Тр.КазНИГМИ.- 1953.- Вып.1. - С.5-55.
 14. Утешев А.С. Атмосферные засухи и их влияние на природные явления.- Алма-Ата: Наука.- 1972.- 176 с.
 15. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды.- СПб.: Гидрометеиздат, 1991.- 304 с.
 16. Юзбашев М.М., Манелля А.И. Статистический анализ тенденций и колеблемости.- М.: Финансы и статистика, 1983.- 207 с.
 17. Palmer W.C. Meteorological drought.- U.S. Dep. of Commerce, Weather Bureau.- Washington D.C.- 1965.- N 45.- 58 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Средняя урожайность яровой пшеницы
в % от тренда

| годы | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Павлодарская | | | | | | | | | | |
| 1950 | | | | | 244 | 32* | 129 | 60* | 171 | 121 |
| 1960 | 122 | 98 | 75 | 17* | 91 | 19* | 109 | 31* | 91 | 57* |
| 1970 | 69* | 140 | 206 | 123 | 74 | 65* | 86 | 77 | 122 | 205 |
| 1980 | 151 | 51* | 52* | 79 | 103 | 116 | 152 | 129 | 108 | 77 |
| 1990 | 142 | 62* | 115 | 107 | 75 | 77 | | | | |
| Акмолинская | | | | | | | | | | |
| 1950 | | | | | 140 | 30* | 128 | 86 | 147 | 130 |
| 1960 | 95 | 89 | 82 | 46* | 133 | 24* | 124 | 53* | 100 | 126 |
| 1970 | 90 | 108 | 164 | 132 | 87 | 69* | 121 | 72 | 132 | 182 |
| 1980 | 95 | 101 | 65* | 76 | 51* | 87 | 120 | 136 | 95 | 90 |
| 1990 | 122 | 63* | 174 | 93 | 64* | 64* | | | | |
| Костанайская | | | | | | | | | | |
| 1950 | | | | | 117 | 31* | 203 | 51* | 84 | 124 |
| 1960 | 107 | 73* | 73* | 56* | 128 | 53* | 165 | 120 | 104 | 116 |
| 1970 | 148 | 103 | 157 | 113 | 66* | 32* | 151 | 87 | 106 | 147 |
| 1980 | 144 | 94 | 128 | 95 | 29* | 111 | 129 | 92 | 69* | 57* |
| 1990 | 126 | 38* | 148 | 73* | 103 | 43* | | | | |
| Кокшетауская | | | | | | | | | | |
| 1950 | | | | | 114 | 56* | 163 | 32* | 124 | 112 |
| 1960 | 108 | 94 | 63* | 36* | 121 | 30* | 132 | 76 | 86 | 100 |
| 1970 | 112 | 133 | 154 | 150 | 94 | 69* | 148 | 85 | 115 | 142 |
| 1980 | 144 | 103 | 82 | 74 | 75 | 100 | 121 | 96 | 76 | 57* |
| 1990 | 114 | 44* | 128 | 97 | 86 | 68* | | | | |

Таблица 2

Средняя республиканская урожайность
пшовой пшеницы по Северному Казахстану
в % от тренда

| ГОДЫ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1880 | 77 | 80 | 94 | 70 | 98 | 96 | 130 | 108 | 56* | 142 |
| 1890 | 80 | 52* | 105 | 68* | 194 | 144 | 132 | 80 | 127 | 102 |
| 1900 | 73* | 77 | 97 | 148 | 79 | 142 | 77 | 129 | 124 | 76 |
| 1910 | 79 | 50* | 106 | 94 | 148 | 107 | 117 | 98 | 90 | 105 |
| 1920 | 30* | 64* | 74 | 60* | 72* | 115 | 173 | 77 | 146 | 108 |
| 1930 | 84 | 45* | 56* | 65* | 140 | 127 | 76 | 95 | 150 | 90 |
| 1940 | 68* | 106 | 78 | 86 | 115 | 90 | 105 | 109 | 85 | 108 |
| 1950 | 137 | 73* | 100 | 132 | 134 | 35* | 135 | 58* | 130 | 117 |
| 1960 | 110 | 90 | 83 | 49* | 124 | 38* | 134 | 74 | 104 | 93 |
| 1970 | 111 | 108 | 146 | 127 | 79 | 52* | 130 | 77 | 111 | 149 |
| 1980 | 116 | 96 | 81 | 86 | 63* | 97 | 118 | 107 | 83 | 80 |
| 1990 | 111 | 54* | 153 | 96 | 83 | 65* | | | | |

* - засушливый год

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ЖАЗДЫҚ БИДАЙ ТҮСІМІНІҢ ДИНАМИКАСЫ
ЖӘНЕ ОНЫҢ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ
ЖАҒДАЙЛАРМЕН БАЙЛАНЫСЫ

Д.А. Сқақова

1990-1995 ж.ж. аралығындағы экстремальды ерекшелік коэффициенті жағдайында жылумен, ылғалмен қамтылған жылдар бөлектеніледі және олардың Солтүстік Қазақстан бойынша жаздық бидай өнімділігі жөніндегі деректермен өзара байланысы талданады.

УДК.551.583.003.1(574)

**ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ
НА ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ЭКОНОМИКУ КАЗАХСТАНА И
ДЕЙСТВИЯХ ПО СМЯГЧЕНИЮ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ
ВОЗМОЖНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**

| | |
|--------------------|-----------------|
| Канд. геогр. наук | И.Б. Есеркепова |
| Канд. геогр. наук | О.В. Пилифосова |
| Доктор геогр. наук | Г.Н. Чичасов |
| Канд. экон. наук | А. Шамен |

Обобщаются результаты исследований антропогенных изменений климата и их потенциальных воздействий на экономику и природные ресурсы Казахстана. Обсуждаются возможные меры по адаптации и ослаблению влияния парникового эффекта в энергетике, сельском хозяйстве и управлении водными ресурсами. Предлагаются дальнейшие действия, связанные с выполнением обязательств Республики Казахстан по Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата.

Глобальное потепление, согласно определению Всемирной Метеорологической Организации - это термин, используемый для описания повышения температуры воздуха у поверхности Земли под влиянием антропогенных выбросов диоксида углерода и других парниковых газов (ПГ). В настоящее время хорошо известен тот факт, что за последние 50 лет наблюдалось быстрое увеличение содержания этих газов в атмосфере в результате хозяйственной деятельности человека, особенно из-за сжигания ископаемого топлива, с чем и связывают повышение температуры воздуха у поверхности Земли, вызванное ростом парникового эффекта. За последние сто лет глобальная температура воздуха возросла в среднем на 0,3 - 0,6 °С [8]. Данная тенденция сохраняется, и по оценкам Всемирной Метеорологической Организа-

ции 1995 год опять оказался экстремально теплым. По заключению Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), если никаких ограничений на выбросы ПГ не будет сделано, то средняя температура воздуха на земном шаре к концу нынешнего столетия будет выше современной на 3 °С. Это довольно значительная величина. Достаточно сказать, что, согласно прогнозам, к середине следующего столетия, когда ожидается удвоение концентрации CO₂ в глобальной атмосфере, средняя глобальная температура воздуха будет выше, чем она наблюдалась за последние 150 000 лет. Это средние глобальные оценки. В различных регионах потепление может проявляться по-разному, и в настоящее время существует неопределенность относительно времени наступления, величины и региональных проявлений глобального изменения климата, вследствие недостаточности знаний о различных аспектах этого сложного процесса. Однако, уже те выводы, которые получены на настоящий момент, свидетельствуют о том, что деятельность человека может необратимо изменить климат на земном шаре.

Неблагоприятные последствия возможного изменения климата Земли и отдельных ее регионов в связи с ростом антропогенных выбросов углекислого газа вызывают озабоченность во многих странах мира и их правительствах. В целях смягчения негативных последствий возможного изменения климата и защиты климатической системы от опасного антропогенного воздействия более 150 стран подписали Рамочную Конвенцию ООН об Изменении Климата (РКИК). Республика Казахстан ратифицировала Рамочную Конвенцию в мае 1995 г. Выполняя обязательства по РКИК (Статья 4), Казахстан включился в работу по следующим основным направлениям:

составление национального кадастра антропогенных выбросов парниковых газов в соответствии с методологией Межправительственной Группы Экспертов по Изменению Климата;

выработка рекомендаций по осуществлению подготовительных мер с целью адаптации к последстви-

яи изменении климата, включающая оценку уязвимости и техническую оценку мер по адаптации сельского хозяйства, водных, лесных ресурсов и энергетики, направленных на уменьшение потерь от изменений климата под влиянием антропогенного потепления;

проведение исследований по оценке мер по ограничению антропогенных выбросов парниковых газов в различных секторах экономики;

разработка рекомендаций для принятия национального плана действий в области ограничения антропогенных выбросов парниковых газов;

расширение научных исследований по проблемам изменения климата и осуществление широкого международного сотрудничества по всем вопросам, связанным с выполнением обязательств по Рамочной Конвенции;

предоставление Конференции Сторон подробной информации о проводимых национальных мероприятиях по выполнению Конвенции и о результатах этих мероприятий.

Исследования по указанным направлениям проводились в рамках проекта "Парниковые газы и изменение климата Казахстана" и Программы Национальных Исследований США (U.S. Country Studies Program) при технической и финансовой поддержке как с Американской, так и с Казахстанской стороны. Проект выполняется с октября 1993 года учеными Казахского Научно-исследовательского института мониторинга окружающей среды и климата с участием ученых и специалистов Минэкологии, Минсельхоза, Национальной Академии Наук, Министерства промышленности, Министерства энергетики и угольной промышленности, Миннауки и Госкомстата. Руководство проектом осуществляется Казгидрометом - организацией, на которую Правительством Казахстана возложена ответственность за ведение всех вопросов, касающихся РКИК. Основные результаты исследований опубликованы в ряде отчетов и статей [10-17].

Цель данной работы - обобщить главные результаты исследований и определить дальнейшие ша-

ги по их развитию в области изменения климата и выполнению Казахстаном обязательств по Рамочной Конвенции.

Рассмотрим подробнее каждое из представленных направлений. Составление национального кадастра парниковых газов включает в себя инвентаризацию антропогенных источников эмиссии парниковых газов, расчет их выбросов (эмиссии) и поглощения (стоков) по секторам экономики и в целом по Казахстану за 1990 год, который принят РКИК в качестве базового. Инвентаризация источников и расчет эмиссии и стоков парниковых газов основывался на данных официальной статистики. Объемы эмиссии парниковых и фотохимически активных газов рассчитывались по методологии МГЭИК, дополненной в ряде случаев методикой, отражающей региональные особенности или учитывающей наличие данных. Подробно методы расчета и итоги инвентаризации изложены в [12].

По результатам Казахстанской Инвентаризации на 1990 год в перечень крупнейших стационарных источников эмиссии вошли 46 тепловых электростанций и районных котельных, 23 предприятия черной и цветной металлургии, 11 - нефтегазовой, 8 - химической промышленности, 5 крупнейших машиностроительных заводов, 10 цементных и асбоцементных заводов - всего 105 предприятий. Выбросы нетопливоемких предприятий - пищевой, легкой промышленности, жилищно-коммунального сектора, земледельческих и животноводческих хозяйств - учтены суммарно. Как отдельный множественный источник эмиссии ПГ рассматриваются подвижные источники - двигатели внутреннего сгорания на автомобилях, локомотивах, воздушных и речных судах, сельскохозяйственных и строительных машинах. В результате расчетов определена эмиссия шести парниковых газов - двуокиси углерода (CO_2), окиси углерода (CO), метана (CH_4), закиси азота (N_2O), оксидов азота (NO_x), и неметанных летучих органических соединений (НЛОС) - с территории Республики за базовый 1990 год.

В абсолютном выражении, в соответствии с требованиями МГЭИК, результаты расчетов представлены в Гигаграммах (1 Гг равен 1 сотне тысяч тонн), а также в условных единицах - ММТСЕ (Миллионах Метрических Тонн Углеродного Эквивалента). Эти единицы зависят от глобального теплового потенциала и используются для сравнения вклада различных парниковых газов и секторов в общую эмиссию. Получено, что более 96 % всей массы парниковых газов составляет двуокись углерода - 198729 Гигаграмм, или около 200 млн т/год. Таким образом, на каждого жителя Казахстана приходится более 11 т CO_2 , поступающих в атмосферу ежегодно. Самым важным источником выбросов CO_2 является энергетический сектор Казахстана, который производит 90 % общей эмиссии этого газа. Важнейшими источниками эмиссии метана, второго по значимости парникового газа, являются подземные угольные шахты и сельское хозяйство. В целом эмиссии всех парниковых газов от этих источников в 1990 году составили около 18 %. Молодые быстро растущие леса являются стоком углекислого газа и поглощают около 4500 Гигаграмм, что составляет менее 2,5 % от общей эмиссии парниковых газов в Казахстане.

Оценка исходных данных, использованных при составлении кадастра ПГ на 1990 год, показала, что наиболее достоверными являются данные о выбросах тепловых электростанций. Возможная ошибка здесь не превышает 5 %. В других отраслях промышленности энергетический учет поставлен не так хорошо, как на ТЭС, поэтому возможная ошибка находится в пределах 20 %.

Следующий раздел работы представляет оценку уязвимости и адаптации. Основные этапы оценки уязвимости и адаптации включают разработку сценариев изменения климата в регионе с учетом роста концентрации парниковых газов в глобальной атмосфере, оценку уязвимости природных объектов и природоохранных секторов экономики Республики Казахстан к возможным изменениям климата в регионе, а также оценку мероприятий по адаптации к возможному изменению климата и, наконец, составление рекомен-

даций по адаптации. Сельское хозяйство, животноводство, лесные и водные ресурсы Казахстана являются очень важными для развития экономики, и в то же время потенциально наиболее уязвимыми к изменению климата, из-за их расположения в маргинальных переходных природных зонах и зонах рискованного земледелия. Поэтому, именно они выбраны на первом этапе оценки уязвимости и адаптации в качестве объектов исследования.

На первом этапе составлялось несколько вариантов прогноза изменения наиболее важных элементов регионального климата - температуры и осадков - с учетом глобального потепления, то есть производилось как бы "проигрывание" различных сценариев возможного изменения климата в Республике. За последние сто лет в регионе также происходил рост средней температуры воздуха во все сезоны и за год в целом. По нашим расчетам [2] осредненная по территории Казахстана температура за сто лет увеличилась на величину порядка 1°C , что в два раза превышает величину глобального потепления.

Для разработки сценариев изменения климата на ближайшее будущее была использована вероятностная модель прогноза климата [1,5]. Результаты анализа ожидаемых климатических условий на ближайшую перспективу, проведенного с помощью этой модели показали, что существует значительная вероятность того, что до 2000 года следует ожидать существенного роста засушливости в Казахстане, особенно в летнее время. А к 2010 году на всей территории ожидается рост средней месячной температуры воздуха, максимальный - зимой, до 4°C , и минимальный - летом на юге и юго-востоке региона - до $1,5^{\circ}\text{C}$. Распределение изменения осадков менее однозначно. К 2000 году в летний период на большей части территории, за исключением восточных и южных районов, ожидается уменьшение сумм осадков на 10-30 %, в западных и северо-западных районах - на 60-80 %. К 2010 году практически на всей территории ожидается рост осадков на

20-100 %. Неопределенность прогноза осадков выше в летний период.

Сценарии изменения климата в Казахстане на более отдаленную перспективу до 2050 года, когда по оценкам МГЭИК произойдет удвоение концентрации углекислого газа, получены на основе региональной интерпретации выходных данных равновесных экспериментов трехмерных численных моделей общей циркуляции атмосферы США и Канады. Использовались предоставленные Национальным центром атмосферных исследований США результаты численных экспериментов по модели Канадского климатического центра (CCCМ) и модели Лаборатории геофизической гидродинамики (GFDL), а также неравновесной версии этой же модели (GFDL-T). После проверки соответствия выходных данных моделей для исходного уровня концентрации углекислого газа в атмосфере (эксперименты $1xCO_2$) с базовыми климатическими условиями периода 1951-1980 гг. установлено, что модель GFDL дает наилучшую оценку современных климатических условий в Казахстане. Однако, в летние месяцы результаты модели CCCМ более адекватно воспроизводят современный климат. Предполагается, что эти же модели будут лучше воспроизводить и климат будущего, то есть давать наиболее вероятные сценарии климата на момент удвоения концентрации диоксида углерода в атмосфере (эксперименты $2xCO_2$).

Следует заметить, что все три модели дают повышение температуры воздуха в Казахстане при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере. Согласно сценарию GFDL минимальное повышение температуры воздуха ожидается зимой, когда на большей части территории потепление составляет 2,5-4,6 °С. Максимального повышения температуры (до 4,8-8,2 °С) можно ожидать весной. Модель CCCМ предсказывает экстремальное повышение так же в весенние месяцы, но более значительное - до 12,5 °С. Сценарии изменения климата на основе модели GFDL-T дают промежуточные результаты. Относительные изменения сумм атмосферных осадков в большинстве случаев не

выходят за пределы, соответствующие нормам. Однако, летом по сценарию GFDL эти отношения превышают норму вдвое. Согласно сценарию CCCM в летние месяцы может наблюдаться некоторое уменьшение сумм осадков ниже современных средних на 20-30 %.

Безусловно, эти оценки нельзя рассматривать как категорическое заявление, так как они представляют собой сценарии возможного изменения климата в регионе, к которым надо подходить критически. Однако не следует и вовсе игнорировать возможное развитие событий.

Такой характер изменения климата, естественно не может не сказаться на состоянии рассматриваемых отраслей экономики и природных ресурсов.

Оценка уязвимости производства пшеницы, наиболее важной зерновой культуры, производилась с использованием двух подходов. Первый основан на использовании модели CERES-Wheat, которая входит в семейство моделей системы DSSAT, разработанной Международной корпорацией по развитию агротехнологий [9]. Система моделей DSSAT моделирует развитие, рост и урожайность сельскохозяйственных культур по районам с однородными почвами при определенных погодных условиях. Модель учитывает как прямое воздействие увеличения концентрации CO_2 , так и эффект изменения климата. Потери урожайности яровой пшеницы на период удвоения концентрации углекислого газа, по расчетам [13,17], будут значительными - до 27 % от базовой урожайности 1990 года. Хотя на ближайшую перспективу, на 2030 год, можно ожидать даже роста урожайности на 31 %. Ожидается также рост урожайности озимой пшеницы на 17-21 %.

Второй подход к оценке возможной уязвимости зерновых культур отражает только прямое, "чистое", влияние изменения климата без учета прямого эффекта роста CO_2 . В данном случае расчеты проводились с использованием динамической модели КазНИГМИ [4]. Получено, что ухудшение агроклиматических условий периода вегетации может составить около 40 % для яровой пшеницы, и от 8 до 25 % -

для озимой. Соответственно более значительно может пострадать урожайность яровой пшеницы по сравнению с озимой, особенно в западных и северных областях Казахстана.

Оценка уязвимости пастбищной растительности [7,17] показала, что наиболее неблагоприятно возможные изменения климата могут сказаться на урожайности естественных кормовых угодий во вторую половину вегетационного периода. Наиболее жесткие агроклиматические условия получены по сценарию СССМ, наименее жесткие - по сценарию GFDL-T. Наибольшие изменения продуктивности могут быть подвержены виды растений с поверхностной корневой системой, усваивающей в основном влагу атмосферных осадков.

Ожидаемые изменения климата в целом неблагоприятно скажутся и на продуктивности овец [7,17]. Овцеводство на юге и юго-востоке Казахстана оказывается уязвимым к изменению климата как в результате ухудшения кормовой базы - снижения урожайности пастбищной растительности, так и из-за непосредственного воздействия на организм животных - увеличения периодов с устойчиво жаркой погодой. Продолжительность этих периодов увеличивается на 27 - 57 суток по различным сценариям. Ожидается, что в отдаленной перспективе выход ягнят снизится на 5-10 % в Алматинской и Жамбылской областях, а в Южно-Казахстанской - на 20-26 %. Настриг шерсти снизится на 8-15 % в первых двух областях и на 17-21 % - в третьей.

Результаты оценки уязвимости водных ресурсов [11] бассейнов горных рек Уба и Ульба на Алтае и равнинной реки Тобол в Северном Казахстане оказались сильно зависящими от сценариев изменения температуры воздуха и атмосферных осадков, полученных по моделям общей циркуляции атмосферы. По модели GFDL при удвоении содержания углекислого газа в атмосфере можно ожидать уменьшения водных ресурсов на 20-30 % и внутригодового перераспределения стока: в меженный период сток возрастет, во время половодья - уменьшится. Меньше должна

быть и вероятность высоких половодий. Можно предполагать, что и водные ресурсы всего Казахстана будут существенно уязвимыми. Однако необходимо учитывать, что физико-географические условия по территории изменяются значительно.

Последствия возможного потепления климата для лесов Казахстана в значительной степени неопределенны [17]. Это связано как с несовершенством моделей, используемых для оценки уязвимости лесов к изменению климата, так и со сложностью самого процесса оценки. В целом можно ожидать сокращения лесистости в Казахстане. Для более успешного моделирования распределения лесов на территории Республики необходимо привлечение моделей, учитывающих возможное дополнительное поступление воды с прилегающих территорий к участкам леса.

После получения оценок уязвимости следует перейти к разработке возможных мер адаптации к воздействию изменений климата. Согласно определению Межправительственной Группы Экспертов по Изменению Климата (МГЭИК) под адаптацией подразумевается любое приспособление, либо пассивное или ответное, либо предупредительное, которое является ответной реакцией на потенциальные или уже проявляющиеся изменения климата. Таким образом, предполагается, что в будущем произойдут изменения климата, и необходимо подготовиться к ним путем разработки соответствующей стратегии адаптации. Оценки, представленные в [17], являются предварительными и в значительной степени определены экспертным путем. Для того чтобы довести их до уровня конкретных рекомендаций необходимо получить оценки уязвимости по всей территории Казахстана, а также провести всесторонний экономический анализ возможных адаптационных мероприятий. Первые шаги в этом направлении уже сделаны - с помощью экономистов построены сценарии будущего социально-экономического развития (роста населения, национального валового продукта, внутреннего национального продукта и т.п.) [17].

В работах [11,13,17] перечислены адаптационные меры и дана предварительная оценка их эффективности по рассматриваемым секторам. Основные действия по адаптации зернового хозяйства предполагают проведение следующих мероприятий: высаживание защитных лесополос, частичная замена яровой пшеницы на озимую, переход на засухоустойчивые сорта пшеницы, изменение сроков сева, снегозадержание, изменение агротехники [6]. В предыдущих исследованиях показано, что агротехника, выбранная в соответствии с ожидаемыми неблагоприятными погодными условиями, которые могут сложиться и в результате изменений климата, способна значительно уменьшить падение урожайности [6]. Анализ показал, что проведение указанных адаптационных мероприятий экономически более предпочтительно для Казахстана, чем закупка зерна за границей.

Основными мерами по адаптации природных кормовых угодий Казахстана к изменению климата являются пастбищеобороты и сенокосообороты с уменьшением нагрузки на пастбища при выпасе скота с одновременным поверхностным коренным улучшением пастбищ, а также проведение восстановительных мероприятий на естественных кормовых угодьях.

В качестве адаптационных мер в овцеводстве предлагается осуществить постепенный переход сроков проведения весеннего ягнения, перегона и стрижки овец на 15-20 суток раньше современных, разводить наиболее приспособленных к жаркой погоде грубошерстных овец, ускорить работы по коренному поверхностному улучшению пастбищ, изыскать возможности по освоению пастбищ в горах.

В секторе водных ресурсов в условиях меняющегося климата и уменьшения водных ресурсов приоритетными адаптационными мероприятиями являются экономия воды и охрана окружающей среды. Основные рекомендации в этом секторе связаны с внедрением безводных и маловодных технологий, реконструкцией оросительных систем и соблюдением санитарных норм. Вторым важным направлением в адаптации водных ресурсов наши специалисты считают привлечение дополнительных водных ресурсов путем переброски

части стока Волги и сибирских рек в Казахстан, а также путем более широкого использования подземных вод.

Это основные результаты, полученные в области оценки уязвимости и адаптации.

Оценка возможности и анализ мер по сокращению эмиссий парниковых газов в Казахстане производится как с использованием метода, основанного на расчете вытесненного в результате проведения того или иного мероприятия традиционно используемого ископаемого топлива, в основном, угля [10,14,15], так и с использованием модели энергетического планирования (ENPEP).

Как было сказано выше, основным источником выбросов является сектор производства энергии, на долю которого приходится 49,5 % выбросов CO_2 , 39 % - NO_2 и 19 % - CO . Поэтому анализ мер сокращения был сфокусирован именно на этом секторе. Основными мероприятиями в области производства энергии являются варианты, направленные на вытеснение использования угля или увеличение эффективности ТЭС. Учитывая наличие соответствующих природных ресурсов и имеющиеся научные и технические разработки, были проанализированы пять основных направлений по сокращению эмиссии ПГ в секторе производства энергии Казахстана. Наибольший эффект по сокращению эмиссии парниковых газов в Казахстане может дать развитие и интенсификация ставших уже традиционными отраслей энергетики: т.е. модернизация существующих ТЭС и строительство новых гидроэлектростанций. Из сферы нетрадиционной энергетики самым перспективным для сокращения эмиссии CO_2 станет использование ветроэнергетических ресурсов и геотермальных вод. В итоге за 25 лет, с 1996 по 2020 гг., при реализации всех возможных мероприятий в сфере производства энергии сокращение эмиссии CO_2 могло бы составить до 72 % от объемов эмиссии от тепловых электростанций или до 35 % от общего объема эмиссии углекислого газа в Казахстане в 1990 г. Это, конечно, самые смелые предположения, так как осуществление того

или иного варианта сокращения эмиссии зависит от множества факторов и требует значительных капиталовложений.

В неэнергетической сфере за счет изменений в землепользовании и лесном хозяйстве основными ослабляющими вариантами является увеличение поглощения углерода путем расширения растительного покрова и сохранения существующих поглотителей. Согласно Концептуальной программе развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан [3] более реальными и обоснованными мероприятиями сокращения эмиссий являются расширение лесопосадок и площадей, покрытых многолетней травянистой растительностью за счет выведения из эксплуатации малопродуктивных пахотных земель с низким содержанием гумуса.

К числу наиболее эффективных мер сокращения эмиссий в сельском хозяйстве относится также переработка имеющихся отходов по биогазовым технологиям и утилизация биогаза. Эта мера, с одной стороны, позволяет сократить эмиссию метана от сельского хозяйства, а с другой стороны - сэкономить энергию и вытеснить из энергетического баланса ряд мощностей угольных электростанций (энергетический сектор). Годовой выход органических отходов в сельском хозяйстве Казахстана составляет 40 млн тонн. Переработка имеющихся отходов по биогазовым технологиям позволила бы получить около 18 млрд м³ биогаза. Даже частичная утилизация этих ресурсов могла бы, с одной стороны, снизить спрос на централизованные поставки селу и отдаленным потребителям дальнепривозного топлива, а также уменьшить расход вырабатываемой электроэнергии на отопительные цели на угольных электростанциях.

Согласно базовому (т.е. без каких-либо мер по ограничению) сценарию хода эмиссии CO₂, составленному на основе экспертных оценок, ее снижение за счет общего экономического спада к 1998 году достигнет 26 % от уровня 1990 года, затем начнется стабилизация и далее постепенный рост

эмиссии парниковых газов, которая сразу после 2010 года достигнет базового уровня.

Это - предварительная оценка вариантов ослабления и хода эмиссии ПГ по различным сценариям, которая не охватывает всех аспектов проведения предлагаемых мероприятий. Более детальные оценки, позволяющие выйти на уровень рекомендаций, планируется провести с использованием пакета моделей энергетического планирования ENPER, разработанного Аргоннской Национальной Лабораторией (США) по заказу Международного Агенства по Атомной Энергетике. Используемые нами при оценке мер по сокращению модули ENPER позволяют рассчитывать баланс спроса и предложения энергии на основе существующей энергосистемы и макроэкономических прогнозов на период от 1 года до 75 лет, определить воздействия на окружающую среду, в том числе и эмиссии парниковых газов от различных энергоисточников и открывают возможности проведения стоимостных оценок мер по сокращению.

Итак, выше обобщены основные результаты по трем направлениям исследований, связанных с проблемой изменений климата. Последующие задачи работ по выполнению Казахстаном обязательств по Рамочной Конвенции можно разделить на три основные части.

Первая включает в себя дальнейшее проведение и развитие научных исследований и доведение технических оценок до уровня рекомендаций для политических деятелей и организаций, принимающих решения. В число задач этой группы входит обновление инвентаризации эмиссий парниковых газов, глубокая оценка приоритетных технологий ослабления влияния эмиссий ПГ и стратегий адаптации к изменению климата, сконцентрированная на энергетическом секторе, сельском хозяйстве и водных ресурсах. Планируется дать более глубокие оценки технологий по ослаблению, в первую очередь, в секторе энергоснабжения, включая новые технологии модернизации тепловых электростанций, направленные на увеличение эффективности их работы и более широ-

кое использование энергии воды и ветра, а также атомной энергии. В области дальнейшей разработки мер по адаптации для производства пшеницы планируется улучшить предложенные технологии и меры, включая анализ затрат и прибыли. Исследования в секторе водных ресурсов проводились не по всей территории Казахстана, с ее огромным разнообразием условий формирования речного стока, поэтому, анализ уязвимости и адаптации водных ресурсов следует расширить на всю территорию Казахстана.

Вторая важная задача - составление, рассмотрение и принятие Национального Плана Действий по климату (НПД). Эта задача в значительной степени относится к разряду социально-политических и включает в себя такие подзадачи как объединение проблем и внедрение планируемых мер, связанных с изменением климата в другие проекты и национальные программы, развитие согласованности и поддержки приоритетных мер по ослаблению и адаптации, достижение консенсуса руководителей различных Министерств и Ведомств по вопросам включения мероприятий и планов действий в различных отраслях экономики в План Национальных Действий по климату. Первый шаг в решении этой задачи - составление Резюме для политических деятелей по результатам исследований изменений климата в Казахстане и связанных с ним вопросов. Далее необходимо провести расширенный семинар с участием представителей Правительственного и Рабочего комитета Проекта "Парниковые газы и изменение климата Казахстана" программы Национальных Исследований для обсуждения и принятия предложенных мероприятий с целью включения их в План Национальных Действий по климату. Уже в настоящее время в Казахстане существует ряд программ и законов, которые сопровождаются эффектом ослабления влияния парниковых газов на климат, экономику и природные экосистемы. Основные меры по сокращению эмиссий ПГ в Казахстане включают в себя разработку вариантов и технологий, направленных на энергосбережение, уменьшение использования ископаемого топ-

лива и т.д. Следовательно, стратегии ослабления в энергетическом секторе Казахстана должны быть связаны с общей национальной стратегией развития энергетики, а в неэнергетическом секторе - с экологической и сельскохозяйственной политикой. Естественно, что Национальный План Действий должен быть максимально связан с проблемой защиты окружающей среды в Казахстане и концепцией его экологической безопасности. НПД предполагает интегрирование с планами и программами Министерства экологии и биоресурсов, Министерства энергетики и угольной промышленности и др.

Третьей задачей продолжения работ по вопросам изменения климата является Подготовка Первого Национального Сообщения Казахстана на Конференцию Сторон РКИК в соответствии со статьей 12 Конвенции на основе Национального Плана Действий и заключительного отчета по Национальным Исследованиям. Национальное Сообщение должно быть представлено 16 августа 1998 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Вероятностный прогноз приземной глобальной температуры воздуха до 2005 года // Метеорология и гидрология. - 1991. - № 4. - С. 95-103.
2. Долгих С.А. О многолетних тенденциях термического режима на территории Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 3. - С. 68-77.
3. Концептуальная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 1993-1995 годы и до 2000 года. - Алматы: Бастау, 1994. - 314 с.
4. Лебедь Л.В., Беленкова З.С. Агрометеорологические прогнозы и расчеты урожайности зерновых в Казахстане в современных условиях хозяйствования // Тр. КазНИГМИ. - 1991. - Вып. 110 - С. 115 - 121.

5. Пилифосова О.В. Вероятностный сверхдолгосрочный прогноз полей изменения сумм осадков в регионе Казахстан - Средняя Азия//Тр. КазНИГМИ. - 1992. - Вып. 111. - С. 64-72.
6. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. - СПб.: Гидрометеиздат, 1991. - 304 с.
7. Шаменов А.М., Кожаметов П.Ж., Власенко Е.Ф. О распределении числа невыпасных суток для овец зимой в восточном Приаралье// Гидрометеорология и экология. - 1995. - N 2. - С. 78 - 90.
8. Climate Change 1995. The science of climate change/ J.T. Houghton et. al. (Ed.)// Cambridge, 1996. - 572 p.
9. Decision support system for agrotechnology transfer / G.Y.Tsuji et. al (Ed.)//Honolulu, Hawaii, USA: University of Hawaii. - 1995. - V3.0, Vols. 1-3, IBSNAT.
10. Estimating the potential of greenhouse gas mitigation in Kazakstan/ E.I. Monakrovich, O.V. Pilifosova, D. Y. Danchuk, G.A. Papafanasopulo //Environmental Management. - 1996.- Vol. 20. - Supplement 1. - P. 57-64.
11. Golubtsov V.V., Lee V. I., Scotselyas I. I. Anthropogenic climate change and reduction of water resources: adaptation issues related to the economy in Kazakstan/Joel Smith et.al. (Ed.)//Adapting to Climate Change. Assessment and Issues. - NY: Springer, Inc., 1996. -P. 225-231.
12. Inventory of Kazakstan greenhouse gas emissions and sinks: 1990 /E.I. Monakrovich, D.Y. Danchuk, O.V. Pilifosova et.al.//B. Braatz et. al. (Ed.) Interim synthesis report on national greenhouse gas emission inventories. Country Studies Program. -NY:Springer,1996. P. 126-146.
13. Model-based climate change vulnerability and adaptation assessment for wheat yield in Kazakstan/ S.V.Mizina, I.B.Eserkepova, O.V Pi-

- lifosova, S.A.Dolgih, E.F.Gossen/Joel Smith et.al.(Ed.)//Adapting to climate change. Assessment and Issues. - NY: Springer, Inc., 1996.-P. 147-163.
14. Monakrovich E.I., Inozemtseva N.N., Danchuk D.Y.: GHG emissions from the power generation sector, mobile sources and the residential sector in Kazakhstan//Itojaras. - 1995. - Vol. 99.- N 3-4. - P. 337 - 344.
 15. Monakrovich E.I., Pilifosova O.V., Gossen E.F. GHG emissions from agriculture, land use change and forestry in Kazakhstan//Itojaras. -1995. - Vol.99.- N 3-4. - P. 345 - 352.
 16. Pilifosova O.V., Eserkepova I.B., Dolgih S.A. Climate change scenarios under global warming in Kazakhstan// Climatic Change. - 1996. - Vol. 21.- Supplement 1. - P.11- 18.
 17. Vulnerability and Adaptation Assessment for Kazakhstan. O.V. Pilifosova, I.B.Eserkepova Mizina S, A., G. N. Chichasov et.al./Stephanie Lenhart et. al.(Ed.)//Vulnerability and adaptation to climate change. A synthesis of results from the US Country Studies Program, 1996. - P. 161 - 181.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Казгидромет

КҮРТ ЖЫЛЫЛЫҚТЫҢ ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТАБИҒИ ҚОРЫ
МЕН ЭКОНОМИКАСЫНА ӘСЕРІН ЖӘНЕ КЛИМАТТЫҢ
СЕБЕП-САДДАРЫН АЗАЙТУ ЖӨНІНДЕГІ ӘРЕКЕТТЕР
МҮМКІНДІГІН ЗЕРТТЕУ ТУРАЛЫ

| | |
|-----------------|-----------------|
| Геогр. г. канд. | И.Б. Есеркеева |
| Геогр. г. канд. | О.В. Пилифосова |
| Геогр. г. докт. | Г.Н. Чичасов. |
| Экон. г. канд. | А.М. Шөмен |

Климаттың антропогендік өзгеруі зерттеулерінің нәтижелері және олардың Қазақстанның экономикасы мен табиғи қорына зор ықпалы талданады. Энергетика, ауыл шаруашылығы және су ресурстары басқармаларындағы бейімделудің мүмкіндік шаралары және парниктік әсерді азайту талқыланды. Климаттың өзгеруі туралы Біріккен Ұлттар Ұйымының Айналымды Конвенция жөніндегі Қазақстан Республикасының міндеттемесін орындауға байланысты алдағы іс-әрекеттер ұсынылады.

УДК 504.064.36: 551.46.0 (262.81)

**ВОПРОСЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
КАЗАХСТАНСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

Канд. экон. наук А. Шамен

Приводится сокращенный доклад начальника Казгидромета на Первой региональной конференции по изменению климата, проходившей 21-23.05.96 г. в Тегеране. Рассматривается необходимость увеличения количества пунктов наблюдений, улучшения качества их работ, обеспечения специальными приборами и оборудованием, координации деятельности национальных гидрометеорологических служб прикаспийских государств.

Каспийское море - крупнейший бессточный водоем мира, имеющий большое значение для экономики пяти прикаспийских стран.

Наблюдающееся современное повышение уровня моря, происходящее в основном за счет значительного увеличения осадков и поверхностного стока в его бассейне, снижение величины испарения, вызванным региональными изменениями климата, а также загрязнением поверхности моря, создает значительные социально-экономические проблемы для этих государств, в том числе и Казахстана.

Протяженность береговой линии казахстанского побережья при современной его отметке составляет 1600 км. При подъеме моря до отметки -25,0 м длина берега может увеличиваться до 2400 - 2700 км. Полоса затопления займет от 1-3 км по Мангышлакскому побережью, до 25-30 км на северо-восточном берегу. Затопленными окажутся прибрежные зоны девяти административных районов Атырауской и Мангистауской областей. Общая площадь

затопления при уровне моря -26,0 м составит 1,2 млн. га, при уровне -25,0 м - до 2,2 млн.га. Застроенные, заселенные территории и площади, занятые промышленными объектами, составляют в общей затопляемой площади побережья от 4 до 6 %, земли сельскохозяйственного назначения 25 % (0,57 млн. га). Количество населения, попадающее в зону затопления и нагонных волн, составит около 300,0 тыс. человек: Атырауская обл. - 265,0 тыс. человек, Мангистауская - 35,0 тыс. человек.

В зону действия наступающего моря попадают крупные промышленно-территориальные комплексы: Атырауский, Тенгизский, Бузачинский, Актауский, с городами Атырау, Балыкши, Форт Шевченко, Актау, в которых размещено большинство промышленных предприятий региона. Наиболее крупными являются Мангышлакский атомный энергокомбинат, нефтеперерабатывающий, химический, судоремонтный заводы, Атырауский ТЭЦ, домостроительный, мясо- и рыбоконсервные заводы. Под угрозой прогнозируемого затопления находится более 30 нефтегазопромыслов, в том числе Тенгизское, Каламкас, Каражанбас. В зону воздействия моря попадает до 10 объектов рыбного хозяйства, обводительные каналы, общей длиной более 1000 км, более 1500 гидросооружений и насосных станций, свыше 700 км автодорог с твердым покрытием, участки железных дорог общей длиной до 300 км, аэропорт в Атырау, морпорты в Атырау и Баутино. В зону затопления попадают гидрометеорологические станции Форт Шевченко, остров Кугалы, остров Пешной.

Все это требует принятия экстремальных мер по защите прибрежных территорий, по улучшению экологической ситуации, организации системы мониторинга основных элементов окружающей среды. Продолжающийся подъем уровня Каспийского моря определяет социально-экономическую и экологическую ситуацию на морском побережье Республики Казахстан как критическую, чреватую перерасти в катастрофическую по масштабу материального ущерба. В то же время, имеющаяся в наличии гидрометеорологи-

ческая сеть, ее техническое оснащение, объемы наблюдений и виды наблюдений не полностью соответствуют тем задачам, которые возлагаются на гидрометслужбы стран прикаспийского региона по решению связанных с подъемом уровня Каспия проблем.

Казгидромет считает необходимым направить усилия на координацию гидрометеорологов всех 5 прикаспийских стран в разработке и реализации Региональной Комплексной программы по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря и его бассейна. Мы заинтересованы в более тесном научном и производственном сотрудничестве, тем более, что научно-технический и производственный потенциал Казгидромета не позволяет самостоятельно решать даже те проблемы и задачи, которые непосредственно затрагивают интересы Казахстана. К их числу относятся расчет и прогнозирование нагонных явлений, расчет стока в условиях подпора и влияние нагонов в устьевых участках рек Урала и Эмбы, гидрохимические и гидробиологические съемки в прилегающей к Казахстану акватории моря.

В настоящее время в системе Казгидромета действует следующая сеть гидрометеостанций и постов, состоящая из:

- двух морских гидрометеостанций (Актау, Форт Шевченко);
- трех метеостанций (Атырау, Ганюшкино, остров Пешной);
- семи гидропостов на реках Урал, Эмба и Волга;
- одной аэрологической станции в Атырау.

Наблюдения за загрязнением природной среды проводятся:

- на шести ПНЗ в гг. Атырау, Актау, п. Курмангазы - за загрязнением атмосферного воздуха;
- на пяти речных пунктах наблюдений на реках Урал и Волга и на 12 станциях в северо-восточной части Каспийского моря, в том числе на двух в морском судоходном канале.

Организован специализированный Прикаспийский научно-производственный центр по мониторингу загрязнения природной среды прикаспийского региона. Активная деятельность Прикаспийского центра позволила за 1991 - 1995 гг. полностью выполнить программу гидрохимических и гидробиологических работ, что и позволяет, с известной долей оптимизма, расширить объем работ в будущем.

Из-за финансовых трудностей, начиная с 1993 года, наметилась тенденция к закрытию станций и сокращению видов и объектов наблюдений. Временно прекратились наблюдения на морской станции остров Кугалы. На морской станции Форт Шевченко не проводятся актиметрические наблюдения и наблюдения по самописцу уровня моря. В 1994-1995 гг. не измерялись расходы в нижнем течении реки Эмбы. Проведенная проверка состояния гидрометрических устройств на гидропостах р.Урал, а также на морских станциях Актау, Кулалы, Форт Шевченко, показала необходимость немедленного уточнения отметок реперов, тем более, что многие из них находятся в зоне подтопления.

На снижение качества выполняемых прибрежных морских наблюдений и работ несомненно сказывается прекращение методического руководства Азгидромета и Росгидромета. Своих опытных специалистов - океанологов в Казгидромете пока нет. Необходимо в рамках межгосударственного сотрудничества предусмотреть решения этой проблемой: стажировки специалистов Казгидромета и восстановление единого методического руководства наблюдательной сетью.

За период с 1991-1995 гг. наблюдения по основной программе работ метеорологических станций - выполнены. По известным причинам аэрологическая станция перешла на одноразовое зондирование атмосферы. Полностью и с хорошим качеством выполнены наблюдения, отбор и анализ проб по всем видам наблюдений изучения загрязнения природной среды.

Приоритетного внимания требует проблема переснащения сети станций и постов надежными, современными средствами измерения. Не секрет, что ухудшению качества работ в большой мере способ-

твовала слабая техническая база производства наблюдений, систем сбора и обработки информации и в этом нужна скоординированная, единая техническая политика гидрометслужб прикаспийских стран.

В 1991-1995 гг. по плану НИР и ОКР Казгидромета выполнялись и выполняются в текущем году научные исследования по гидрометеорологическим проблемам Каспийского моря и устьевой области р.Урал. Учеными и специалистами КазНИИМОСК были завершены исследования по разработке метода расчета вероятного прогноза уровней Каспийского моря на ближайшую (до 2000 г.) и более отдаленную перспективу и подготовлен, по заданию Правительства Республики Казахстан, технико-экономический доклад (ТЭД) по проблемам Каспийского моря, том 1 "Гидрометеорологическая характеристика прибрежной зоны и акватории Каспийского моря в пределах Республики Казахстан". Расчетные характеристики уровня Каспийского моря, приведенные в ТЭДе были рекомендованы Правительством для использования при проведении мероприятий по защите и переносу населенных пунктов, а также промышленных объектов, расположенных в прибрежной зоне моря.

По прогнозам специалистов КазНИИМОСК возможен подъем уровня Каспия в перспективе до отметок минус 26,0 - минус 25,0 м абс. и, следовательно, существует реальная угроза возможного затопления территорий, населенных пунктов дельты Урала, а также промышленного центра, каковым является г. Атырау. Результаты выполненных исследований своевременно помогают решать целый ряд актуальных задач по защите этого района от наводнений.

Наблюдающееся повышение уровня моря и связанные с ним социально-экономические проблемы казахстанской части побережья Каспийского моря неизбежно приводят к необходимости:

- координации и объединения усилий прикаспийских стран в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, восстановления в прежнем объеме стационарной наблюдательной сети и видов наблюдений;

- развития наблюдательной сети и видов наблюдений Каспийского моря, прибрежной зоны, устьев, впадающих в него рек;

- технического перевооружения служб наблюдений, сбора и обработки информации;

- развития специальных наблюдений, выполняемых экспедиционным путем, аэрокосмических видов наблюдений;

- унификации планируемых и разрабатываемых технологий сбора и обработки данных наблюдений, создание базовых программных систем;

- единого научно-методического обеспечения работ.

В соответствии с этим, основными задачами Казгидромета является создание (в рамках единой программы гидрометслужб прикаспийских стран) системы комплексных наблюдений за гидрометеорологическими параметрами и загрязнением природной среды в бассейне Каспийского моря с целью получения исходных данных для регулярной и объективной оценки состояния окружающей природной среды региона, выполнением научных исследований, связанных с оценкой водного баланса, прогнозами уровня и других элементов режима, оценки природных и антропогенных факторов на экосистему Каспийского моря.

Основным направлением деятельности Казгидромета в 1996-2000 гг. предусматривается участие в общих для всех гидрометслужб прикаспийского региона подпрограммах, таких как:

- исследование влияния повышения уровня моря на гидрометеорологический режим Каспия;

- воднобалансовые исследования;

- оценка вероятностного положения уровня моря на перспективу и разработка систем прогнозов гидрометрежима моря с различной заблаговременностью;

- проведение комплексных экспедиционных исследований на акватории Каспия, в прибрежной зоне, в устьях рек с целью получения дополнительной информации;

- техническое переоснащение сети наблюдений, систем сбора обработки и архивации данных наблюдений;

- участие в разработке межгосударственной системы комплексного мониторинга Каспия;

- участие в разработке и выполнении научно-исследовательских работ.

Считаем также необходимым развивать работу в приоритетных для Казахстана направлениях таких как:

- разработка методов расчета сгонно-нагонных колебаний, определение затопления территорий Казахстанской части Каспия;

- разработка метода расчета гидрологических характеристик пр.Кигач, Шароновка (р. Волга), рек Урала и Эмбы и временных водотоков Атырауской и Мангыстауской областей для решения задач берего-защитного проектирования;

- изучение уровня загрязнения северо-восточной части моря;

- организация и научное обоснование мониторинга гидроморфологических процессов устьевых областей рек Волга, Урал, Эмба.

Учитывая приоритетность, намечены следующие этапы реализации программы работ Казгидромета на период 1996-2000 гг. Первый этап рассчитан до 1998 года и состоит из следующих приоритетных направлений деятельности:

- восстановления сети станций и постов (в прежнем объеме наблюдений), информация которых используется для составления всех основных гидрометеорологических прогнозов предупреждений.

- технического оснащение восстанавливаемых станций и постов, видов наблюдений;

- организации ведомственной радиотелефонной связи на сети станций и постов, что связано с ненадежной работой предприятий бывшего министерства связи, и необходимостью, таким образом, переориентации технической политики в области сбора и распространения информации на собственные средства связи. К числу таких пунктов относятся прежде всего гидрологические посты;

- проведения рекогносцировочных обследований с целью определения пунктов намечаемых к открытию в дальнейшем, (на втором этапе работ по организации новых пунктов наблюдений).

- формирования "пакета тем" научных и экспедиционных исследований и работ, для обеспечения выполнения основных направлений и задач комплексного гидрометеорологического мониторинга;

- согласования с гидрометслужбами стран прикаспийского региона "Программы комплексного гидрометеорологического мониторинга окружающей среды Каспийского моря и его бассейна".

Начиная с 1998 года планируется перейти к реализации второго этапа деятельности Казгидромета, приоритетными направлениями которого являются:

- уточнение, на основе рекогносцировочных обследований, размещения наблюдательных пунктов, разработка научных требований к пространственному размещению сети наблюдательных пунктов.

Оснащение станций наблюдательной сети предполагается осуществить по двум основным направлениям:

- укомплектование станций и обеспечение видов наблюдений надежными поверенными средствами измерений, организацию на базе Служба средств измерения Казгидромета полной поверки и тарировки средств измерений;

- переоснащение сети станций техническими средствами с постепенным переходом на автоматизированную сеть наблюдений. При этом, поддерживаем идею об единстве технической политики гидрометслужб прикаспийских стран в области производства наблюдений.

Существующие технологии сбора и обработки данных охватывают не все виды наблюдений. Для решения этих задач считаем необходимым координацию работ по сбору, обработке, хранению (создание банка данных) в рамках комплексной программы стран Каспийского региона в области гидрометеоро-

логии и мониторинга окружающей среды при создании базовых программных систем, разработка которых ведется во ВНИИГМИ-МЦД, ААНИИ, ГОИН, НИУ прикаспийских стран, а также использование программных систем служб всех стран, членом ВМО. Со стороны Казгидромета планируется для улучшения систем сбора и обработки данных наблюдений, создать на базе узла связи Атырауского ЦГМ центра сбора и обработки информации Прикаспийского региона (Мангистауской, Атырауской и Западно-Казахстанской областей).

По мере реализации задач второго этапа планируется с 2000 г. приступить к реализации третьего этапа программы организации мониторинга прикаспийского региона, основными направлениями которого являются:

- стабилизация работы наблюдательной сети по полной программе в рамках комплексного гидрометеорологического мониторинга окружающей среды Каспийского моря и его бассейна;

- переоснащение сети станций и постов современными техническими средствами производства наблюдений, передачи, сбора и обработки информации;

- разработка методик, схем прогноза гидрометеорологических явлений и загрязнения среды, применение данных комплексного мониторинга в хозяйстве прикаспийского региона, установление и согласование перечня выпускаемой продукции по программе мониторинга;

- приобретение морского судна и организация собственных работ на акватории казахстанской части Каспийского моря.

Необходимо подчеркнуть крайнюю заинтересованность Казахстана в координации усилий гидрометеорологов всех пяти прикаспийских стран в разработке и участии в "Комплексной программе прикаспийских стран в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды Каспийского моря и его бассейна".

Казгидромет

КАСПИЙ ТЕҢІЗІНДЕГІ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ
АЙМАРЫНЫҢ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ
МОНИТОРИНГІСІ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Экон. ғ. канд. А.Шамен

Қазгидромет бастығының Тегеранда өткен 21-23.05.96ж. климаттың өзгеруі жөніндегі Бірінші аймақтық конференциясында жасаған баяндамасы мқшамдалып ұсынылып отыр. Каспий бойы мемлекеттерінің ұлттық гидрометеорологиялық қызметті үйлестіруге, бақылау пункттерінің санын арттырып, олардың жұмысының сапасын жақсарту, арнайы аспаптармен, құрал-жабдықтармен қамтамасыз ету қажеттігі қарастырылады.

УДК 551.578.46/.48

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
СНЕЖНОГО ПОКРОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЛАВИННОЙ
АКТИВНОСТИ ГОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ**

Канд. геогр. наук Е. И. Колесников

Канд. геогр. наук Е. Е. Коченова

Е. В. Новикова

А. Н. Подстречный

По материалам наземных снегосъемок и наблюдений за лавинами в Заилийском Алатау установлена связь характеристик лавинного режима с максимальными запасами и максимальной высотой снежного покрова. Определены их значения различной вероятности превышения. Предложены обобщенные показатели для фоновой оценки лавинной активности в регионе.

В связи с интенсивным освоением горных территорий возрастает потребность в оценке различных характеристик лавинной деятельности, в том числе по малоизученным в лавинном отношении районам. Наиболее интересуют потребителей оценка и прогноз степени лавинной опасности, границы лавиноопасных зон, повторяемость, объем и дальность выброса лавин.

Достоверные сведения о режиме лавин имеются только на малочисленной сети снеголавинных станций. Для расчетов и прогнозов характеристик лавинной опасности этих данных не всегда достаточно, особенно в малоизученных районах. Поэтому в научном отношении актуальными остаются исследования пространственно-временных изменений лавинной активности и разработка методов косвенного расчета показателей лавинной опасности.

Одним из перспективных направлений исследований является выявление связи между частными характеристиками лавинного режима и характеристиками снежного покрова, обладающими повышенной информативностью. В качестве индикаторов пространственно-временных закономерностей лавинообразования можно использовать норму максимальных снегозапасов S_{\max} , максимальную высоту снежного покрова h_{\max} , продолжительность его залегания и другие показатели, что доказано уже многими исследователями. Таким путем определены расчетные характеристики лавинного режима и построены их карты для отдельных районов Тянь-Шаня, Памиро-Алая и Большого Кавказа [1,2,3]. В работе [4], на основе использования характеристик снежного покрова (S_{\max} и h_{\max}), показана возможность получения расчетных формул для прогноза доминирующих лавин свежевыпавшего снега в малоизученных районах, а в [5,6] приведены сведения об успешном апробировании этого метода. Для оценки лавинной опасности юго-востока Казахстана И.В.Северский и В.П.Благовещенский [9,10], совместив лавино-индикационные характеристики рельефа и климата, в частности S_{\max} и h_{\max} , составили серию карт разного масштаба и назначения, имеющих большое практическое значение.

В работе [4] приводятся сведения о взаимосвязях характеристик лавинного режима и заснеженности в различных регионах (Кавказ, Алтай, Западный Тянь-Шань, Заилийский и Джунгарский Алатау). Это позволяет использовать данные климатических справочников по снежному покрову и прогностические зависимости для малоизученных районов. По-видимому, имеет смысл продолжить поиск межрегиональных связей между количественными характеристиками лавинной активности (повторяемость, объем лавин и др.) и снежного покрова (водность, высота снега).

В работе [1] приведены локальные зависимости характеристик лавинной опасности от высоты местности для 86 районов на территории Тянь-Шаня и

Памиро-Алая. Авторы этой работы пришли к выводу, что в пределах горных бассейнов площадью 1-3 тыс. км² отмечается закономерное, монотонное возрастание числа лавиноопасных ситуаций и продолжительности сезона лавинообразования с высотой местности. Однако во внутренних районах, по мере удаления от хребтов-барьеров, на тех же высотах количество лавинных ситуаций уменьшается (рис.1).

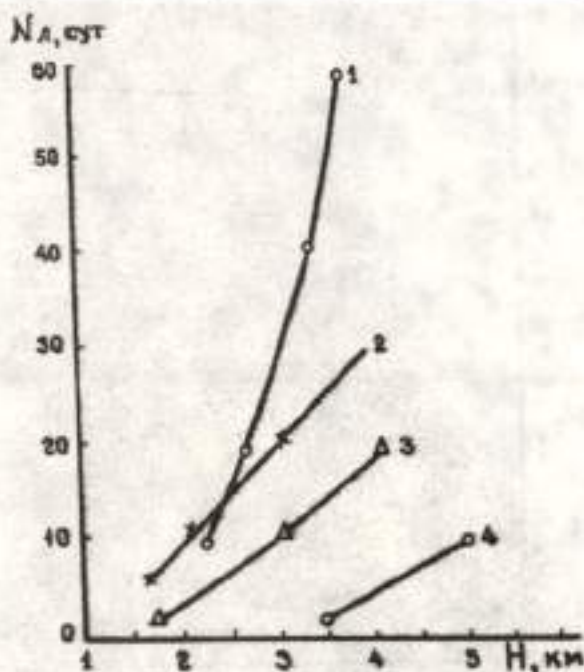


Рис.1. Распределение по высотным зонам количества суток с лавинными ситуациями (N_d) в бассейнах рек на территориях Памира и Заилийского Алатау [1].

1 - р.Кафирниган; 2 - рр. Малая и Большая Алматинки; 3 - рр. Ванч и Язгулен; 4 - средняя часть бассейнов рр. Мургаб и Гунт.

Таблично-графические материалы, приведенные в [1], и данные работы [7] позволили выявить межрегиональную связь количества лавиноопасных ситуаций от высоты снежного покрова на дату максимума

(рис.2). Коэффициент корреляции этой зависимости равен $0,96 \pm 0,02$. Она описывается выражением:

$$N_{\text{д}} = 0,18 S_{\text{мах}} - 7,14, \quad (1)$$

где $N_{\text{д}}$ - количество суток с лавинными ситуациями.

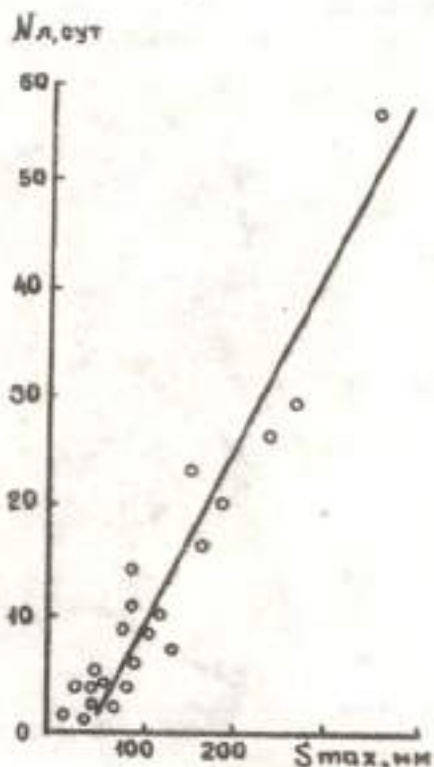


Рис.2. Зависимость среднего количества суток с лавинными ситуациями ($N_{\text{д}}$) от максимальных снегозапасов ($S_{\text{мах}}$) по данным наблюдений в горных районах Тянь-Шаня (бассейны рек Ойгаинг, Алабуга, Иньльчек, Малая и Большая Алматинки) и Памиро-Алая (бассейны рек Кафирниган, Маркансу, Сох)

Выявленная зависимость вряд ли характерна для всех горных регионов, так как условия снегонакопления и лавинный режим, например вблизи морских или океанических побережий и внутри континентов, сильно отличаются. Однако, для фоновой

оценки частоты лавиноопасных ситуаций (N_d) в соседних горных регионах, имеющих к тому же сходные черты рельефа (хр. Угамский, Таласский, Кыргызский, Джунгарский Алатау), зависимость вида (1), очевидно, приемлема и при наличии карт снежности может быть использована для картирования N_d . Это подтверждается данными многолетних наблюдений на наземных и аэровизуальных маршрутах в различных горных регионах Казахстана, в частности, в расположенных рядом и сильно отличающихся по заснеженности Таласском Алатау и Кыргызском хребте. В Таласском Алатау часто отмечается массовый сход крупных лавин, а в Кыргызском хребте (на периферийных северных склонах) они сравнительно редки и маломощны.

Кроме количества суток с лавинами, к важным характеристикам лавинного режима относится также число сошедших лавин в бассейне (n_d) и их суммарный объем (V). Комплекс этих характеристик наиболее полно освещает степень лавинной активности того или иного региона.

Для изучения вероятностных распределений характеристик лавинной активности обычно необходимо значительно большее количество данных, чем их имеется в отчетах снеголавинных станций. Поэтому часто возникает потребность в удлинении рядов наблюдений за N_d , n_d и V . Так, для станции Большое Алматинское Озеро ряды наблюдений, используемые в данной работе, удлинены с 21-го члена до 38-ми. Увеличение длины рядов производилось с помощью выражений (2) - (7), описывающих зависимость показателей лавинной активности от S_{max} и h_{max} :

$$N_d = 0,11 S_{max} - 2, \quad (2)$$

$$N_d = 0,12 h_{max} - 2, \quad (3)$$

$$n_d = 0,25 S_{max} - 8, \quad (4)$$

$$n_d = 0,56 h_{max} - 55, \quad (5)$$

$$V = 1,80 S_{\max} - 38, \quad (6)$$

$$n_{\text{л}} = 1,23 h_{\max} - 22. \quad (7)$$

Затем по удлиненным рядам показателей лавинной активности выделялись зимы с различной степенью лавинной опасности и определялась повторяемость лавин с 1950 по 1987 год.

Анализ данных о лавинах на снеголавинной станции Большое Алматинское Озеро в Заилийском Алатау показал, что все три характеристики лавинного режима коррелируются с показателями снежности (S_{\max} и h_{\max}) конкретных зим (табл.1). В меньшей мере, как видно из табл.1, эти характеристики связаны с продолжительностью периодов с устойчивым снежным покровом (T) и суммарной продолжительностью поземков и метелей ($T_{\text{пм}}$).

Таблица 1

Коэффициенты парной корреляции между основными показателями лавинного режима и характеристиками снежного покрова в бассейне р.Большая Алматинка

| Характеристика снежного покрова | Показатель лавинной активности | | |
|---------------------------------|---|---|---|
| | Число суток с лавинами ($N_{\text{л}}$) | Число сошедших лавин ($n_{\text{л}}$) | Суммарный объем лавин (V), тыс.м ³ |
| S_{\max} , мм | 0,85 | 0,72 | 0,64 |
| h_{\max} , см | 0,84 | 0,70 | 0,60 |
| T , сут | 0,56 | 0,39 | 0,53 |
| $T_{\text{пм}}$, час | 0,03 | - 0,05 | - 0,19 |

Рассчитанные вероятностные характеристики приведены в табл.2 и позволяют заключить, что распределение количества суток с лавинами и числа сошедших лавин за зиму несколько отличается от нормального. Лучшее совпадение с эмпирическими

данными дает логарифмически-нормальное распределение.

Таблица 2

Вероятностные значения показателей лавинной активности в бассейне р. Большая Алматинка

| Распределение | Показатель | Вероятность превышения, % | | | | |
|---------------------------|------------|---------------------------|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 |
| Эмпирическое | N_d | 48 | 40 | 33 | 27 | 23 |
| | n_d | 104 | 92 | 70 | 57 | 44 |
| Нормальное | N_d | 39 | 36 | 32 | 28 | 24 |
| | n_d | 87 | 75 | 67 | 59 | 49 |
| Логарифмически-нормальное | N_d | 49 | 42 | 34 | 28 | 22 |
| | n_d | 109 | 92 | 72 | 57 | 44 |

Очевидно, что для многоснежных зим характерны небольшие вероятности (p) показателей лавинной опасности. В частности, для зимы 1965-1966 года p приблизительно равно 2 %.

Для оценочных карт лавинного режима корректен совместный анализ многих показателей. Такой анализ произведен на основе методики "взвешенных баллов", предложенной В.М.Сезиным и О.Н.Суздальцевой для снеголавинного картирования [11]. В качестве первичных показателей приняты число суток с лавинами (N_d), количество сошедших за зиму лавин (n_d), суммарный объем лавин (V). Выбор именно этих показателей произведен исходя из результатов анкетного опроса [1].

Отобранные первичные показатели, ряды которых были восстановлены до 38-летнего периода по зависимостям (2) - (7), оценивались в баллах. Шкала оценки строилась так, что большее число баллов присваивалось значению показателя, наилучшее характеризующего повышенную лавинную активность на данной территории. За число баллов при-

нималось количество интервалов, на которые условно разбивался ряд первичных показателей, а за оценочную шкалу показателей - границы этих интервалов (табл.3).

Таблица 3

Шкала первичных показателей

| Балл | Первичный показатель | | |
|------|------------------------|---------------------------|---|
| | Число суток с лавинами | Количество сошедших лавин | Суммарный объем лавин, тыс.м ³ |
| 5 | > 30 | > 80 | > 600 |
| 4 | 20-30 | 55-80 | 450-600 |
| 3 | 10-20 | 30-55 | 300-450 |
| 2 | 1-10 | 5-30 | 150-300 |
| 1 | 0 | < 5 | 0-150 |

Простым сложением баллов первичных показателей нельзя получить объективную оценку лавинной опасности территории, так как они не отражают относительную значимость учитываемых факторов. Для этого требуется "взвешивание" баллов. Коэффициенты взвешивания для каждого показателя можно установить с помощью парных коэффициентов корреляции между характеристиками снежного покрова S_{max} и h_{max} и каждым из используемых первичных показателей.

Согласно данным табл.1, наибольшими по абсолютному значению являются коэффициенты корреляции между N_d и S_{max} ($r_{NS} = 0,85$), а также между N_d и h_{max} ($r_{NH} = 0,84$). Поэтому коэффициенты взвешивания γ_{NS} и γ_{NH} балла показателя N_d соответственно для S_{max} и h_{max} приняты равными 1. Значения коэффициентов взвешивания для остальных показателей определены из отношений:

$$\gamma_{NS} = r_{NS} / r_{NS} = 0,72 / 0,85 = 0,85, \quad (8)$$

$$Y_{nh} = r_{nh} / r_{Ns} = 0,70 / 0,84 = 0,83 , \quad (9)$$

$$Y_{vs} = r_{vs} / r_{Ns} = 0,64 / 0,85 = 0,75 , \quad (10)$$

$$Y_{vh} = r_{vh} / r_{Ns} = 0,60 / 0,84 = 0,72 , \quad (11)$$

где Y_{Ns} - коэффициент взвешивания балла показателя n_d по коэффициенту корреляции между n_d и S_{max} (r_{Ns}); Y_{nh} - то же по коэффициенту корреляции между n_d и h_{max} (r_{nh}); Y_{vs} - коэффициент взвешивания балла показателя V по коэффициенту корреляции между V и S_{max} (r_{Ns}); Y_{vh} - то же по коэффициенту корреляции между V и h_{max} (r_{vh}).

Полученные коэффициенты взвешивания умножались на значение балла соответствующего показателя, в результате чего находились взвешенные баллы. Путем суммирования взвешенных баллов первичного показателя находилась оценочная сумма за каждый год (табл.4), использовавшаяся для классификации степени лавинной опасности в течение каждой зимы с учетом еще одной оценочной шкалы (табл.5).

Таблица 4

Результаты оценки степени лавинной активности с использованием взвешенных баллов

| Год | Оценка первичного показателя, балл | | | Взвешенный балл | | | Сумма взвешенных баллов | Категория опасности |
|---------|------------------------------------|-------|-----|-----------------|-------|-----|-------------------------|---------------------|
| | N_d | n_d | V | N_d | n_d | V | | |
| 1950/51 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1,7 | 0,8 | 5,5 | 1 |
| 1951/52 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2,6 | 1,5 | 7,1 | 2 |
| 1952/53 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2,6 | 1,5 | 8,1 | 3 |
| 1953/54 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1,7 | 0,8 | 5,5 | 1 |
| 1954/55 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1,7 | 0,8 | 5,5 | 1 |
| 1955/56 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2,6 | 1,5 | 8,1 | 3 |
| 1956/57 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2,6 | 1,5 | 8,1 | 3 |

| Год | Оценка первичного показателя, балл | | | Взвешенный балл | | | Сумма взвешенных баллов | Категория опасности |
|---------|------------------------------------|---------|-----|-----------------|---------|-----|-------------------------|---------------------|
| | $N_{л}$ | $n_{л}$ | V | $N_{л}$ | $n_{л}$ | V | | |
| 1957/58 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2,6 | 1,5 | 8,1 | 3 |
| 1958/59 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2,6 | 1,5 | 8,1 | 3 |
| 1959/60 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2,6 | 1,5 | 8,1 | 3 |
| 1960/61 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1,7 | 0,8 | 5,5 | 1 |
| 1961/62 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,7 | 0,8 | 4,5 | 1 |
| 1962/63 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,7 | 0,8 | 4,5 | 1 |
| 1963/64 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2,6 | 1,5 | 7,1 | 2 |
| 1964/65 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,7 | 0,8 | 4,5 | 1 |
| 1965/66 | 5 | 4 | 3 | 5 | 3,4 | 2,3 | 10,7 | 5 |
| 1966/67 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2,6 | 0,8 | 6,4 | 2 |
| 1967/68 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,7 | 0,8 | 4,5 | 1 |
| 1968/69 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3,4 | 1,5 | 8,9 | 3 |
| 1969/70 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,7 | 1,5 | 5,2 | 1 |
| 1970/71 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1,7 | 0,8 | 5,5 | 1 |
| 1971/72 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,7 | 1,5 | 5,2 | 1 |
| 1972/73 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1,7 | 0,8 | 5,5 | 1 |
| 1973/74 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,7 | 0,8 | 4,5 | 1 |
| 1974/75 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1,7 | 1,5 | 6,2 | 2 |
| 1975/76 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,7 | 1,5 | 5,2 | 1 |
| 1976/77 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1,7 | 0,8 | 5,5 | 1 |
| 1977/78 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,7 | 0,8 | 4,5 | 1 |
| 1978/79 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1,7 | 0,8 | 5,5 | 1 |
| 1979/80 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,7 | 0,8 | 4,5 | 1 |
| 1980/81 | 4 | 5 | 2 | 4 | 4,3 | 1,5 | 9,8 | 4 |
| 1981/82 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2,6 | 0,8 | 6,4 | 2 |
| 1982/83 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,7 | 0,8 | 4,5 | 1 |
| 1983/84 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1,7 | 0,8 | 5,5 | 1 |
| 1984/85 | 5 | 4 | 3 | 5 | 3,4 | 2,3 | 10,7 | 5 |
| 1985/86 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2,6 | 1,5 | 8,1 | 3 |
| 1986/87 | 5 | 3 | 5 | 5 | 2,6 | 3,8 | 11,4 | 5 |

Шкала, приведенная в табл. 5, получена по тому же принципу, что и шкала балльных оценок пер-

вичных показателей. Категории лавинной опасности по этой шкале означают: 1 - практическое отсутствие опасности; 2 - слабая; 3 - умеренная; 4 - сильная; 5 - очень сильная.

Таблица 5

Оценочная шкала для классификации зим по степени лавинной опасности

| Общий показатель | Категория лавинной опасности | | | | |
|------------------|------------------------------|---------|---------|----------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| S_{\max} | < 5,9 | 6,0-7,4 | 7,5-8,9 | 9,0-10,4 | >10,5 |
| h_{\max} | < 5,7 | 5,8-7,1 | 7,2-8,5 | 8,6- 9,9 | >10,0 |

В табл.6 приведены обобщенные показатели лавинной опасности с вероятностями превышения 1, 2, 5, 10, 20 %, соответствующими повторяемостям раз в 100, 50, 20, 10, и 5 лет. Они рассчитаны по эмпирическим кривым вероятностей превышения (варианты 1 и 3) и по кривым логарифмически-нормального распределения (варианты 2 и 4). При этом в вариантах 1 и 2 обобщенные показатели лавинной опасности определялись с привлечением данных о максимальной водности снежного покрова, а в вариантах 3 и 4 - его максимальной высоты.

Связи между обобщенными показателями лавинной активности, максимальными высотами снежного покрова и максимальными запасами воды в снеге использованы нами для районирования горной территории Казахстана. При этом соотношения между S_{\max} и h_{\max} и обобщенными показателями лавинной активности (см. табл.6) позволили выделить по 5 интервалов S_{\max} и h_{\max} . Установленные градации приведены в табл.7.

Таким образом, каждому конкретному интервалу значений характеристик снежного покрова при районировании территории поставлена в соответствие

определенная степень лавинной опасности, выражающаяся обобщенными показателями в баллах. Это позволяет по данным табл.7 построить карты фоновой оценки степени лавинной активности в разных регионах.

Таблица 6

Вероятностные значения обобщенного показателя опасности, балл

| Вариант расчета | Среднее | Среднее квадратическое отклонение | Вероятность превышения, % | | | | |
|-----------------|---------|-----------------------------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 |
| 1 | 1,97 | 1,26 | 5,4 | 4,9 | 3,8 | 3,2 | 2,6 |
| 2 | 1,97 | 1,26 | 6,5 | 5,5 | 4,3 | 3,5 | 2,6 |
| 3 | 1,87 | 1,12 | 5,6 | 5,8 | 4,2 | 3,5 | 2,8 |
| 4 | 1,89 | 1,12 | 5,8 | 4,9 | 3,9 | 3,3 | 2,6 |

Таблица 7

Градации характеристик снежного покрова и соответствующие им значения обобщенного показателя лавинной опасности

| Обобщенный показатель лавинной опасности, балл | Максимальная высота снега (h_{\max}), см | Максимальная водность снежного покрова (S_{\max}), мм |
|--|--|---|
| 1 | < 50 | < 100 |
| 2 | 50 - 80 | 100 - 170 |
| 3 | 80 - 100 | 170 - 240 |
| 4 | 100 - 130 | 240 - 340 |
| 5 | > 130 | > 340 |

Однако следует отметить, что картирование обобщенного лавинного показателя, в отличие от характеристик лавинного режима (N_{λ} , V и др.), зна-

чительно проигрывают в наглядности [8]. Более того, поиск межрегиональных связей таких характеристик лавинного режима, как n_d и V , из-за недостатка данных весьма затруднителен. Поэтому при необходимости составления оценочных карт лавинной активности среднего и крупного масштаба предпочтение должно отдаваться картам отдельных количественных показателей лавинного режима.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геткер М.И., Канаев Л.А., Муравская Р.В. Опыт регионального картографирования характеристик лавинной опасности // Тр. второго всесоюзного совещания по лавинам. - 1987. - С.180-193.
2. Геткер М.И., Канаев Л.А. Методы гляциогидроклиматологической оценки распределения осадков, снежного покрова и лавин // Материалы гляциологических исследований (хроника). - 1987. - Вып.51. - С.107-116.
3. Калдани Л.А. Методика определения частоты схода лавин свежавыпавшего снега (на примере Аджаро-Имеретинской горной системы) // Тр. ЗапНИГМИ. - 1979. - Вып.68(74). - С.36-47.
4. Колесников Е.И., Подстречный А.Н. Универсальный метод прогноза снежных лавин и составления прогностических карт лавинной опасности // Материалы гляциологических исследований (хроника). - 1987. - Вып.59. - С.69-75.
5. Колесников Е.И., Подстречный А.Н. Опыт составления прогностической карты лавинной опасности на примере Рудного Алтая // Материалы гляциологических исследований (хроника). - 1988. - Вып.61. - С.170-175.
6. Колесников Е.И., Подстречный А.Н., Крутских Б.В. Автоматизированная система диагностики и прогноза лавин в Казахстане // Материалы гляциологических исследований (хроника). - 1988. - Вып.63. - С.165-171.

7. Колесников Е.И., Подстречный А.Н. Лавинная активность Заилийского Алатау в 1965-1987 гг. // Материалы гляциологических исследований (хроника). - 1988. - Вып. 64. - С.101-106.
8. Мягков С.М., Северский И.В. Результаты и перспективы картографирования лавинной опасности в СССР // Тр. второго всесоюзного совещания по лавинам. - 1987. - С.167-180.
9. Северский И.В. Снежные лавины Заилийского и Джунгарского Алатау. - Алма-Ата: Наука, 1987. - 225 с.
10. Северский И.В., Благовещенский В.П. Оценка лавинной опасности горной территории. - Алма-Ата: Наука, 1983. - 220 с.
11. Секин В.М., Суздальцева О.Н. Картографирование лавинной опасности с использованием метода "взвешенных баллов" // Тр. второго всесоюзного совещания по лавинам. - 1987. - С.193-198.

Бүрө погоды Казгидромета
Казмеханообр

**ТАУЛЫ АЙМАҚТАҒЫ ҚАР КӨШКІНІ
БӨЛСЕНДІЛІГІНЕ БАҒА БЕРУ ҮШІН ҚАР ЖАМЫЛҒЫЛАРЫ
СИПАТЫН ПАЙДАЛАНУДЫҢ МҮМКІНДІГІ ТҮРАЛЫ**

| | |
|-----------------|------------------|
| Геогр. р. канд. | Е.И. Колесников |
| Геогр. р. канд. | Е.Е. Коченова |
| | Е.В. Ноянкова |
| | А.Н. Подстречный |

Іле бойы Алатауындағы жер үстінен түсірілген қар мәшкерінің суреттері және қар көшкіндерін бақылау материалдары бойынша қар көшкіндерінің түзілімдік сипаттары мен ең көп қар қоры және ең қалың қар жамылғылары арасындағы өзара байланысы орнықтырылды. Олардың бір біріне түрлі өсере анықталды. Аймақтағы қар көшкіні бөлсінділігіне фондық баға беру үшін көрсеткіштерді талдау ұсынылады.

УДК 556.5.072:556.164.001.18"403"(23-574)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА
ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ВОДНОСТИ
ГОРНЫХ РЕК КАЗАХСТАНА**

Канд. геогр. наук В. В. Голубцов

Канд. техн. наук В. И. Ли

В. П. Попова

Т. П. Строева

На примере ряда рек северо-западного склона Джунгарского Алау и юго-западного склона хр. Каратау показана возможность разработки методов краткосрочных прогнозов водности горных рек Казахстана на основе использования модели формирования стока. Приведены результаты оценки разработанных методов.

Прогнозы водности рек являются одной из важнейших составных частей гидрометеорологического обслуживания различных хозяйственных отраслей Республики Казахстан, в первую очередь гидроэнергетики и сельского хозяйства. Эти прогнозы до настоящего времени составляются, в основном, с помощью методов, разработанных на основе использования эмпирических и полумпирических методов. Нередко такие методики базируются на ограниченной гидрометеорологической информации и весьма приближенном (косвенном) учете гидрологических процессов, происходящих в бассейнах рек. Поэтому многие из ранее разработанных методик недостаточно обоснованы. Со временем, как правило, они нуждаются в уточнении с привлечением большого объема исходных данных. Кроме того, значительное влияние хозяйственной деятельности на формирование стока, наблюдавшееся особенно в последние десятилетия,

нарушило однородность гидрологических рядов, что в определенной мере создает дополнительные трудности при уточнении существующих методик прогноза водности рек.

С появлением моделей формирования стока появилась возможность для разработки методик прогноза водности рек Казахстана на принципиально новой основе. В качестве методической основы для разработки методик долгосрочного прогноза водности горных рек, как показали исследования [5,9,10], успешно может быть использована усовершенствованная концептуальная математическая модель формирования стока, разработанная в Казахском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (КазНИГМИ) под руководством В.В.Голубцова [4,6,7]. В данной работе на примере рек северо-западного склона Джунгарского Алатау (Каратал, Коксу, Биже) и юго-западного склона хр.Каратау (Арысь,Шаян) показана возможность использования этой модели для разработки методик краткосрочного прогноза водности горных рек Казахстана.

В модели КазНИГМИ речной бассейн представлен в виде трех последовательно соединенных регулирующих емкостей, расположенных одна над другой и отождествляемых с поверхностным, почвенно-грунтовым и грунтовым стокообразованием, а также емкости, характеризующей стокообразование в пределах гидрографической сети. Модель включает описание отдельных элементарных воднобалансовых процессов (формирования снегозапасов и поступления воды на поверхность бассейна, изменения влагозапасов, промерзания и оттаивания почвогрунтов, суммарного испарения; поверхностного, почвенно-грунтового и грунтового стокообразования, формирования притока к русловой сети и гидрографа стока в замыкающем створе), т.е. состоит из нескольких частных моделей. В ее основу положены принципы, изложенные в работах А.Н.Важнова [2], В.Д.Комарова [8], Ю.М.Денисова [1], Ю.Б.Виноградова [3]. Блок-схема модели приведена на рисунке. Ниже дано краткое описание блоков модели.



Общая структура модели формирования стока

Особенностью модели КазНИГМИ, является то, что она позволяет даже при наличии ограниченной исходной информации моделировать сток с каждой высотной зоны, в том числе с различных ландшафтных частей бассейна и склонов различной экспозиции. Параметры модели принимаются изменяющимися в зависимости от высоты местности, уклона и экспозиции горных склонов, характера подстилающей поверхности (открытой, залесенной, ледниковой и т.д.).

В модели формирования снегозапасов и поступления воды на поверхность бассейна учитываются термический режим, вид выпадающих атмосферных осадков, их пространственное изменение, динамика альбедо, плотности и водоудерживающей способности снежного покрова, покрытость снегом отдельных высотных зон, задержание осадков растительным пок-

ровом. В связи с недоучетом атмосферных осадков измерительными приборами в величины осадков вводятся суммарные поправки на смачивание, испарение, влияние скорости ветра. Расчет интенсивности снеготаяния производится с помощью температурных коэффициентов. При переходе от неледниковой зоны к ледниковой учитывается температурный скачок — резкое уменьшение температуры воздуха, обусловленное наличием инверсионного слоя. Модель изменения влагозапасов в почвогрунтах позволяет получать непосредственные характеристики увлажнения речных бассейнов, определяемые с помощью метода водного баланса. При этом динамика влагозапасов рассчитывается в зависимости от хода во времени атмосферных осадков и суммарного испарения с подстилающей поверхности. В свою очередь расчет суммарного испарения основан на учете изменения осадков и интенсивности истощения влагозапасов в зоне активного влагообмена, связанной с колебаниями температуры воздуха, нестационарностью процесса транспирации растительного покрова в течение вегетационного периода и агрогидрологическими свойствами слагающих бассейнов почвогрунтов.

Моделирование глубин промерзания и оттаивания почвогрунтов основано на использовании зависимости этих характеристик от накопленных сумм отрицательных температур воздуха зимой и положительных в весенний период. При этом учитывается также влияние влажности почвогрунтов, высоты и плотности снежного покрова, поступление тепла с нижележащих слоев, солнечной радиации и талых вод.

Поверхностное стокообразование описывается разностью интенсивностей поступления воды на поверхность бассейна и ее инфильтрации в почву. Причем инфильтрация рассматривается как нестационарный процесс, поскольку на нее влияют промерзание и оттаивание почвогрунтов. Эта особенность модели реализуется с помощью инфильтрационного параметра, выраженного через его значение для талых почвогрунтов, относительные влагозапасы в метровом слое и разность между текущей и началь-

ной мощностью слоя промерзания. Дополнительно учитываются интенсивности наполнения емкости начальных потерь, инфильтрации из бессточных понижений и поступления почвенногрунтовых вод на поверхность бассейна в результате переполнения второй регулирующей емкости. Иначе говоря, принимаются во внимание потери воды до начала поверхностного стокообразования и после его завершения, а также выхода почвенногрунтовых вод на дневную поверхность. Определение этих потерь связано соответственно с расчетами дефицитов влажности верхнего слоя почвогрунтов, поверхностной емкости, определение выхода почвенногрунтовых вод - с расчетами потенциального и реального почвенногрунтового стокообразования.

Моделирование почвенногрунтового стокообразования производится по разности интенсивностей поступления воды во вторую регулирующую емкость из первой и инфильтрации из второй емкости в третью. Полученная таким образом величина почвенногрунтового стокообразования является потенциальной. Реальное же почвенногрунтовое стокообразование выражается через потенциальное и через текущий и максимальный дефициты гравитационной влаги во второй емкости.

Интенсивность грунтового стокообразования условно отождествляется с интенсивностью заполнения третьей регулирующей емкости. Она определяется как разность интенсивности инфильтрации из второй емкости в третью и интенсивности потерь влаги на наполнение статических запасов подземных вод или той части динамических запасов последних, которая не выклинивается в замыкающем створе.

Следующий этап моделирования формирования стока в бассейне связан с описанием процесса трансформации интенсивности стокообразования в гидрограф притока воды к гидрографической сети. В качестве приближенной характеристики притока к гидрографической сети принимается сток с элементарных бассейнов, склоновый сток которых концентрируется в одном хорошо выраженном русле. Площадь таких бассейнов может быть установлена в зависимости от густоты гидрографической сети.

Приток воды к гидрографической сети определяется с помощью моделей, разработанных на основе решения дифференциального уравнения изменения во времени динамических запасов воды в бассейне. Это изменение представляет собой разность интенсивности стокообразования и интенсивности притока воды к гидрографической сети, причем между динамическими запасами и притоком грунтовых вод, по данным гидрогеологических исследований, существует линейная зависимость, а для поверхностного притока, согласно имеющимся материалам наблюдений, она существенно нелинейная. Поэтому в модели формирования стока, разработанной в КазНИГМИ, для трансформации интенсивности грунтового стокообразования в гидрограф притока к русловой сети принята линейная модель, для трансформации интенсивности поверхностного стокообразования в гидрограф поверхностного притока - нелинейная модель. Линейная зависимость между динамическими запасами воды в бассейне и притоком к гидрографической сети положена также в основу модели трансформации интенсивности почвенногрунтового стокообразования в гидрограф притока почвенногрунтовых вод.

В связи с представлением речного бассейна в виде системы последовательно соединенных емкостей интенсивность стокообразования трансформируется в гидрограф притока к гидрографической сети отдельно для каждой емкости. Общий приток к гидрографической сети вычисляется путем суммирования его составляющих, а приток со всего бассейна определяется как сумма значений, рассчитанных для высотных зон.

На выходе модели формирования стока получается гидрограф стока в замыкающем створе бассейна и объемы стока за различные календарные периоды (декады, месяцы, год). Для пересчета гидрографа притока к гидрографической сети в гидрограф стока используется интеграл Дюамеля. Основными входными данными для моделирования гидрографа стока являются суточные суммы осадков и средние суточные температуры воздуха на метеорологических станци-

ях, расположенных в пределах бассейна или вблизи от него.

Исследования показали, что описанная выше математическая модель достаточно детально описывает процессы формирования стока в горном бассейне [5,6]. С помощью этой модели можно рассчитывать все основные (практически значимые) элементы водного баланса отдельных высотных зон и всего бассейна. Хорошее и удовлетворительное соответствие ординат наблюдаемых и рассчитанных гидрографов указывает на возможность использования модели в качестве основы для составления краткосрочных прогнозов стока горных рек.

В горной части бассейна р.Каратал по ориентации склонов, доступности их для влажных воздушных масс и высотному положению можно выделить два района: высоко-среднегорный и низкогорный. Первый из них включает водосборы рек Каратал и Коксу без ее левых притоков, стекающих с Алтын-Эмельского хребта. Основная отличительная особенность этого района - западная ориентация и высокое высотное положение речных бассейнов (более 1600 м). Низкогорный район охватывает водосбор р.Бижэ и левые притоки р.Коксу. Район характеризуется северо-западной ориентации речных бассейнов. Средняя высота бассейнов не превышает 1600 м.

Река Каратал образуется в результате слияния рек Кара, Чижэ и Текели, берущих начало в центральных массивах Джунгарского Алатау на высоте 3500-4000 м. Бассейн р.Каратал до гидрологического поста в с.Каратальское, по данным которого разрабатывалась методика, расположен в диапазоне высот 1000-3800 м. Площадь водосбора 1160 км², средняя высота бассейна равна 2400 м, оледенение 81 км². Около 83 % годового стока формируется в вегетационный период. Половодье на р.Каратал обычно начинается в первой декаде апреля. Максимальные расходы воды наблюдаются в мае-июне, во время таяния сезонных запасов снега.

Река Коксу, образуемая от слияния двух примерно равных по водности рек Карасарык и Казан, является основным левым притоком р.Каратал.

Истоки ее находятся среди ледников. Площадь водосбора р.Коксу до с.Коксу составляет 1590 км², средняя высота бассейна 2760 м. Почти вся площадь водосбора р.Коксу до с.Коксу расположена выше 1200 м. Около 70 % площади приходится на высоты более 2500 м. Ледники в бассейне р.Коксу встречаются на высотах более 3000 м, общая площадь оледенения равна 140,3 км². По водному режиму р.Коксу сходна с р.Каратал.

Река Биже - второй по величине приток р.Каратал. Она берет начало на высоте 3000 м с северо-западного склона хребта Алтын-Эмель от слияния родников. Гидрологический пост расположен в 120 м ниже слияния рек Батлак (Досалы) и Кугалинка, в с.Красногоровка. Бассейн р.Биже до этого поста охватывает диапазон высот 1000-3000 м, площадь водосбора 822 км², средняя высота 1490 м. Около 90 % площади водосбора находится ниже 2000 м. Для р.Биже характерно весеннее половодье и повышенный сток в меженный период (июль-февраль). На долю последнего приходится 31-45 % от годового стока.

Река Арысь является крупнейшим притоком р.Сырдарья в пределах Казахстана. Она берет начало в уроч.Чокпак, представляющем седловину между Таласским Алатау и хребтом Каратау. Для р.Арысь характерно общее западное направление течения, которое не изменяется на всем протяжении. Бассейн р.Арысь имеет языкообразную форму, уменьшаясь по ширине к устью. Площадь водосбора у поста ж.-д.ст. Арысь составляет 13000 км². Бассейн расположен в диапазоне высот 200-4200 м. Средняя высота бассейна 900 м. Около 85 % площади расположено на высотах 200-1500 м.

Река Шаян стекает с хребта Каратау и впадает в р.Бугунь. Пост расположен в 3,3 км ниже устья р.Акбет. Площадь водосбора до поста 485 км², средняя высота бассейна 770 м.

Основным источником питания рек Арысь и Шаян являются талые снеговые воды. Вес дождевого, подземного и ледникового питания значительно меньше. Большая часть годовой суммы осадков выпадает в зимне-весенний период. Снежный покров бывает не-

устойчивым. Основной объем стока рек приходится на весну.

Для разработки методик краткосрочного прогноза расходов воды р.Каратал и ее притоков на основе модели формирования стока привлекались данные наблюдений на метеостанции Текели за период 1960-1992 гг., для р.Арысь - метеостанций Тасарык, Ванновка, Шымкент в 1966-1985 гг., для р.Шаян - метеостанции Шаян в 1950 -1990 гг.). При этом с помощью модели, по данным о среднесуточных температурах воздуха и суточных суммах осадков, рассчитывались ординаты гидрографа стока на период заданной заблаговременности с последующей оптимальной (квазиоптимальной) фильтрацией полученных значений стока с целью получения наилучших соотношений S/b , где S - средняя квадратическая ошибка расчета суточных ординат гидрографа, b - среднеквадратическое отклонение их значений от средних.

В качестве исходной информации в разработанных методиках при выпуске краткосрочных прогнозов расходов воды используются прогнозируемые значения среднесуточной температуры воздуха и суточных сумм осадков на период заблаговременности 1-3 суток и расход воды в замыкающем створе за предшествующие сутки. Прогнозируемые величины указанных метеозлементов предварительно анализируются вместе с предшествующими наблюдениями метеорологических станций и в случае необходимости корректируются.

Оценка надежности и эффективности методик производилась по величинам S/b , R (коэффициент корреляции рассчитанных и фактических значений) и P (обеспеченность прогноза в пределах допустимой погрешности $b_{доп}$, %) в предположении 100-процентной оправдываемости прогнозов температуры воздуха и осадков. Естественно, что в случаях, когда прогнозы температур воздуха и осадков не будут оправдываться, показатели качества прогнозов стока ухудшатся.

Результаты оценки разработанных методик приведены в таблице.

**Результаты оценки точности и эффективности
разработанных методик краткосрочных прогнозов
расходов воды за период половодья**

| Река-пункт | б _{доп} , м ³ /с | Критерий оценки | | |
|------------|---|-----------------|---|------|
| | | S/б | R | P, % |

Заблаговременность 1 сутки

| | | | | |
|---------------------------------------|------|------|------|------|
| р.Каратал-с.Каратальское | 19,3 | 0,30 | 0,95 | 95,9 |
| р.Коксу-с.Коксу | 29,2 | 0,27 | 0,96 | 96,2 |
| р.Бижэ-с.Красногоровка | 1,99 | 0,45 | 0,89 | 91,6 |
| р.Арысь-ж.-д.ст.Арысь | 36,1 | 0,40 | 0,92 | 95,0 |
| р.Шаян-в 3,3 км ниже устья р.Акбет | 3,96 | 0,48 | 0,88 | 94,0 |

Заблаговременность 2 суток

| | | | | |
|---------------------------------------|------|------|------|------|
| р.Каратал-с.Каратальское | 19,3 | 0,36 | 0,93 | 93,5 |
| р.Коксу-с.Коксу | 29,2 | 0,36 | 0,93 | 93,3 |
| р.Бижэ-с.Красногоровка | 1,96 | 0,55 | 0,83 | 93,1 |
| р.Арысь-ж.-д.ст.Арысь | 36,1 | 0,92 | 0,82 | 86,0 |
| р.Шаян-в 3,3 км ниже устья р.Акбет | 4,10 | 0,88 | 0,70 | 86,0 |

Заблаговременность 3 суток

| | | | | |
|---------------------------------------|------|------|------|------|
| р.Каратал-с.Каратальское | 19,2 | 0,45 | 0,89 | 90,4 |
| р.Коксу-с.Коксу | 29,4 | 0,48 | 0,88 | 87,8 |
| р.Бижэ-с.Красногоровка | 1,95 | 0,68 | 0,73 | 87,9 |
| р.Арысь-ж.-д.ст.Арысь | 36,1 | 0,73 | 0,68 | 74,0 |
| р.Шаян-в 3,3 км ниже устья р.Акбет | 3,96 | 0,69 | 0,73 | 85,0 |

Данные приведенной таблицы показывают, что моделирование ординат гидрографа с помощью используемой модели может быть осуществлено с приемлемой точностью. Разработанные методики имеют показатели качества, удовлетворяющие современным требованиям. Точность моделирования расходов воды

убывает с увеличением заблаговременности используемых исходных данных. Так, коэффициент корреляции между ожидаемыми и измеренными расходами воды за период половодья для р.Арысь изменяется от 0,92 при заблаговременности 1 сутки до 0,68 при заблаговременности 3 суток, обеспеченность P уменьшается от 95 до 74 %. Критерий качества разработанной методики (S/b) ухудшается, возрастая соответственно от 0,40 до 0,73.

Наилучшие результаты получены при прогнозировании водности р.Каратау ($R = 0,89 - 0,95$, $S/b = 0,30 - 0,45$, $P = 90 - 96 \%$).

В заключение следует отметить, что методики краткосрочного прогноза стока с использованием модели КазНИГМИ для рек северо-западного склона Джунгарского Алатау и юго-западного склона хребта Каратау разрабатывались впервые. Модель достаточно детально описывает процессы формирования стока в горном бассейне, позволяет вполне удовлетворительно рассчитывать и прогнозировать ординаты гидрографа стока. Это дает основание рекомендовать ее в качестве методической основы для разработки методик краткосрочного прогноза водности горных рек Казахстана. Для составления краткосрочных прогнозов стока при использовании таких методик необходимо располагать прогнозируемыми суточными значениями температуры воздуха и осадков, а также предшествующими расходами воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М. Модель поступления воды на поверхность горного бассейна и некоторые результаты ее проверки на бассейнах рек Западного Тянь-Шаня // Тр. САНИГМИ. - 1970. - Вып.52 (67). - С. 3-20.
2. Важнов А.Н. Анализ и прогноз стока рек Кавказа. - М.: Гидрометеиздат, 1966. - 274 с.
3. Виноградов Ю.Б. Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Южного Казахстана. - Л.: Гидрометеиздат, Тр. КазНИГМИ. - Вып.28, 1967. - 262 с.

4. Голубцов В.В. О построении математической модели формирования стока в горном бассейне // Тр. КазНИГМИ. - 1975. - Вып.48. - С.3-25.
5. Голубцов В.В., Ли В.И., Строева Т.П. Математическое моделирование процессов формирования стока горных рек в условиях ограниченной информации // Тр. 5-го Всесоюзного гидрологического съезда. - 1989. - Т.6. - С.374-382.
6. Голубцов В.В., Ли В.И., Строева Т.П. Использование модели формирования стока горных рек для разработки метода его долгосрочного прогноза // Тр. 5-го Всесоюзного гидрологического съезда. - 1989. - Т.7. - С.111-117.
7. Голубцов В.В., Попова В.П. Прогноз притока воды в Шульбинское водохранилище // Тр. КазНИГМИ. - 1989. - Вып.104. - С.42-47.
8. Коиаров В.Д. Весенний сток равнинных рек Европейской части СССР, условия его формирования и методы прогноза - Л.: Гидрометеиздат, 1969. - 295 с.
9. Ли В.И., Попова В.П. Долгосрочное прогнозирование стока р.Черный Иртыш на основе линейных регрессионных моделей // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1987. - Вып.97. - С.8-12.
10. Строева Т.П. К вопросу о прогнозировании водности рек северного склона Джунгарского Алатау (на примере р.Каратал и ее притоков) // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1991. - Вып.107. - С.148-156.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ТАУ ӨЗЕНДЕРІ СУЛЫЛЫҒЫН ҚЫСҚА
МЕРІЗІМДІ БОЛЖАУ ҮШІН АРЫСТАРДЫ
ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ МОДЕЛДЕРІН
ПАЙДАЛАҢУ

| | |
|---------------|--------------|
| Геогр. ғ.канд | В.В.Голубцов |
| Техн. ғ.канд | В.И.Ли |
| | В.П.Попова |
| | Т.П.Строева |

Жоңғар Алтауының солтүстік-батыс жоталары мен Қаратаудың оңтүстік-батыс сілемдері жоталарындағы бірқатар өзендер мысалында Қазақстандағы тау өзендері сулылығын қысқа мерзімді болжау үшін арыстарды қалыптастырудың моделдерін пайдаланудағы әдістердің мүмкіндігі қарастырылады. Дайындалған әдістің нәтижелі бағасы ашып көрсетілген.

УДК 556.16.06"405:321"(235.216)

**ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОДНОСТИ ГОРНЫХ
РЕК ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА НА ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО
Половодья**

В. П. Попова

Излагаются методики долгосрочного прогноза водности рек Южного Казахстана на период весеннего половодья, разработанные на основе использования модели формирования стока горных рек и регрессионных схем. Приведены результаты оценки разработанных методик.

Южный Казахстан - территория с засушливым климатом, ограниченными, но в то же время широко используемыми на орошение водными ресурсами. Поэтому долгосрочное прогнозирование стока рек этого региона всегда имеет важное значение. Актуальность его возрастает и в связи с катастрофическим усыханием Аральского моря.

Данная работа посвящена результатам разработки методик долгосрочного прогноза водности рек Арысь, Бугунь, Келес, Бадам, Шаян с использованием модели формирования стока, созданной в КазНИГМИ (ныне КазНИИМОСК) [1]. Эта разработка является продолжением аналогичных исследований для рек региона, начатых автором ранее и опубликованных в [3]. Модель КазНИГМИ успешно применялась также для прогноза стока рек северного склона Джунгарского Алатау [7], Черного Иртыша [5] и притока воды в Бухтарминское [4], Шульбинское [2] и Капчагайское [6] водохранилища.

Реки Арысь, Бадам, Келес, Бугунь, Шаян расположены в правобережной казахстанской части бассейна Сырдарьи. Их сток формируется в основном за

счет поступления талых снеговых вод с юго-западного склона хр.Каратау (левые притоки Арыси, рр.Бугунь и Шаян) и западных отрогов Таласского Алатау (р.Келес, правые притоки Арыси, в том числе и р.Бадам). Большая часть годовой суммы осадков в бассейнах рек выпадает в зимне-весенний период. Снежный покров в низкогорных зонах неустойчивый, сохраняется в течение холодного времени года лишь на склонах северной экспозиции. Доля дождевого и подземного, а на р.Арысь и ледникового питания в стоке рек значительно меньше, чем талых вод. На остальных реках ледникового питания отсутствует. Преобладающая часть стока приходится на весну.

Для адаптации модели формирования стока к условиям рассматриваемых бассейнов оценивались параметры моделей промерзания и оттаивания почвогрунтов, формирования снеготалассов, определялись градиенты осадков и температур воздуха по высоте местности, их динамика внутри года, гидрографические характеристики бассейнов. Причем, поскольку снегонакопление в условиях Южного Казахстана существенно отличается на склонах разных экспозиций, распределение площадей по высотным зонам для каждой из них находилось отдельно. Методики долгосрочного прогноза водности рек разрабатывались по восстановленным значениям стока за следующие периоды: р.Арысь-ж.-д.ст.Арысь-1953-1984 гг.; р.Бадам-с.Михайловка - 1966-1985 гг.; р.Бугунь-с.Красный Мост - 1967-1985 гг.; р.Келес-дул Акжар 1961-1985 гг.; р.Шаян-в 3,3 км ниже устья р.Ақбет 1954-1985 гг.

Методики долгосрочного прогноза естественного стока на период половодья представляет собой регрессионные схемы, в которых в качестве предикторов используются моделированные значения снеготалассов, поступления воды на поверхность водосбора, влагозапасы и глубина промерзания почвогрунтов, а также предшествующая водность и характеристики атмосферной циркуляции. Прогностические уравнения имеют следующий общий вид:

$$X_0 = a_0 + a_{01}X_1 + a_{02}X_2 + a_{03}X_3,$$

где X_0 - предиктант; a_0 - свободный член уравнения; a_{01} , a_{02} , a_{03} - коэффициенты регрессии; X_1 , X_2 , X_3 - предикторы.

Значения отобранных предикторов X_1 , X_2 , X_3 для каждого календарного периода, на который прогнозируется водность рек, приведены в приложении, значения коэффициентов a_0 , a_{01} , a_{02} , a_{03} - в табл.1.

Таблица 1

Значения коэффициентов регрессии прогностических уравнений

| Прогнозируемый период | a_{01} | a_{02} | a_{03} | a_0 |
|-----------------------------|----------|----------|----------|--------|
| р. Арысь - ж.-д. ст. Арысь | | | | |
| Половодье | 105,0 | 0,62 | | 16,5 |
| Февраль | 0,26 | - 2,48 | 0,18 | 141 |
| Март | 0,28 | 0,15 | | 29,0 |
| Апрель | 0,60 | 0,04 | | - 42,9 |
| Май | 223,0 | 0,15 | | - 32,4 |
| Июнь | 0,31 | 1,0 | | - 167 |
| р. Бадам - с. Михайловка | | | | |
| Половодье | 0,06 | 1,38 | | - 0,68 |
| Февраль | 0,61 | 0,03 | | 2,99 |
| Март | 0,07 | 0,13 | | - 11,4 |
| Апрель | 12,1 | 0,46 | | 5,22 |
| Май | 0,03 | 0,22 | 0,07 | - 6,0 |
| Июнь | 0,41 | 0,53 | | - 41,0 |
| р. Бугунь - с. Красный Мост | | | | |
| Половодье | 0,13 | 1,04 | | - 8,27 |
| Февраль | 1,21 | | | 2,18 |
| Март | 0,35 | 1,60 | | - 133 |
| Апрель | 0,17 | 0,32 | | 43,9 |
| Май | 0,05 | 0,61 | | - 4,61 |
| Июнь | 0,42 | - 0,13 | | 0,22 |

Продолжение табл.1

| Прогнозируемый период | a_{01} | a_{02} | a_{03} | a_0 |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|--------|
| р.Келес - аул Акжар | | | | |
| Половодье | 1,85 | 0,10 | | - 4,66 |
| Февраль | 1,15 | 0,03 | | - 1,73 |
| Март | 7,93 | 0,12 | | - 1,95 |
| Апрель | 0,10 | 0,44 | | - 10,3 |
| Май | 0,05 | 0,27 | | - 4,04 |
| Июнь | 0,35 | - 0,13 | | 11,0 |
| р.Шаян - в 3,3 км ниже устья р.Акбет | | | | |
| Половодье | 0,05 | 1,80 | | 0,42 |
| Февраль | 7,02 | 0,06 | | - 0,17 |
| Март | 0,05 | 14,4 | | - 3,30 |
| Апрель | 0,04 | 5,48 | | - 2,90 |
| Май | 0,76 | 0,01 | | - 2,08 |
| Июнь | 0,33 | | | 0,14 |

Поступление воды, оставшиеся снегозапасы, продуктивные влагозапасы и льдистость почвогрунтов определялись путем моделирования. Моделирование осуществлялось по среднесуточным температурам воздуха и суточным суммам осадков, измеренным на метеорологических станциях Тасарык (1122 м), Ванновка (899 м), Шымкент (543 м), Ленинское (575 м), Шаян (366 м). Данные по станциям Тасарык, Ванновка, Шымкент использовались для бассейна Арыси, по станциям Тасарык и Шымкент - для бассейна р.Бадам, по станции Ленинское - для бассейна р.Келес, по станции Шаян - для бассейнов рек Бугунь и Шаян.

Проверка надежности полученных зависимостей производилась путем оценки коэффициентов регрессии в прогностических уравнениях, коэффициентов множественной корреляции, а также определения устойчивости уравнений в целом с помощью критериев Фишера и Стьюдента при уровне значимости $\alpha = 5\%$.

Точность и эффективность разработанных методов долгосрочного прогноза естественного стока

оценивалась согласно Наставлению по службе прогнозов [5]. Результаты оценки приведены в табл. 2. Средняя оправдываемость прогнозов по зависимой выборке составила 78 %, по независимой - 72 %. В независимую выборку включались следующие годы: для р. Арысь до ж.-д. ст. Арысь - 1985-1992 гг.; для р. Бадам до с. Михайловка - 1986-1992 гг.; для р. Бугунь до с. Красный Мост - 1966, 1986-1992 гг.; для р. Келес до аула Акжар - 1960, 1986-1992 гг.; для р. Шаян в 3,3 км ниже устья р. Акбет - 1951-1953, 1986-1992 гг.

Таблица 2

Результаты оценки точности и эффективности разработанных методик

| Прогнозируемый период | Зависимая выборка | | | | Обеспеченность p по независимой выборке, % |
|-----------------------|-----------------------------|------------|-------|---------|--|
| | R | $S, м^3/с$ | $S/б$ | $P, \%$ | |
| | р. Арысь - ж.-д. ст. Арысь | | | | |
| Половодье | 0,72 | 25,8 | 0,71 | 75 | 100 |
| Февраль | 0,78 | 10,7 | 0,66 | 78 | 75 |
| Март | 0,68 | 33,0 | 0,76 | 72 | 50 |
| Апрель | 0,75 | 44,2 | 0,69 | 81 | 91 |
| Май | 0,82 | 26,8 | 0,60 | 81 | 73 |
| | р. Бадам - с. Михайловка | | | | |
| Половодье | 0,88 | 1,93 | 0,51 | 80 | 86 |
| Февраль | 0,80 | 1,10 | 0,68 | 80 | 71 |
| Март | 0,76 | 2,47 | 0,70 | 80 | 90 |
| Апрель | 0,88 | 3,12 | 0,50 | 93 | 70 |
| Май | 0,88 | 2,96 | 0,51 | 90 | 50 |
| | р. Бугунь - с. Красный Мост | | | | |
| Половодье | 0,84 | 3,69 | 0,58 | 84 | 75 |
| Февраль | 0,80 | 2,78 | 0,62 | 74 | 63 |
| Март | 0,84 | 8,04 | 0,57 | 74 | 63 |
| Апрель | 0,86 | 5,44 | 0,55 | 74 | 75 |
| Май | 0,80 | 2,67 | 0,64 | 74 | 100 |

Продолжение табл.2

| Прогнозируемый период | Зависимая выборка | | | | Обеспеченность r по независимой выборке, % |
|--------------------------------------|-------------------|------------|-------|---------|--|
| | R | $S, м^3/с$ | $S/б$ | $P, \%$ | |
| р.Келес - с.Степное | | | | | |
| Половодье | 0,74 | 3,70 | 0,70 | 84 | 75 |
| Февраль | 0,89 | 1,04 | 0,46 | 88 | 75 |
| Март | 0,78 | 3,96 | 0,66 | 84 | 50 |
| Апрель | 0,87 | 4,42 | 0,51 | 80 | 88 |
| Май | 0,80 | 4,23 | 0,63 | 72 | 50 |
| р.Шаян - в 3,3 км ниже устья р.Акбет | | | | | |
| Половодье | 0,78 | 1,65 | 0,65 | 75 | 70 |
| Февраль | 0,75 | 1,37 | 0,69 | 72 | 50 |
| Март | 0,72 | 3,39 | 0,73 | 72 | 80 |
| Апрель | 0,65 | 4,17 | 0,79 | 69 | 80 |
| Май | 0,74 | 0,97 | 0,69 | 69 | 80 |

Оценки, приведенные в табл.2, позволяют отметить, что разработанные методики, характеризуются удовлетворительными показателями качества. На основании этого можно сделать вывод об их достоверности и возможности использования для прогнозирования естественного стока рек Арысь, Бадам, Бугунь, Келес, Шаян как на период половодья в целом, так и на отдельные месяцы внутри его.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубцов В.В., Ли В.И., Строева Т.П. Использование модели формирования стока горных рек для разработки метода его долгосрочного прогноза // Тр. 5-го Всесоюзного гидрологического съезда. - 1989. - Т.7. - С.111-117.
2. Голубцов В.В., Попова В.П. Прогноз притока воды в Шульбинское водохранилище // Тр.КазНИГМИ. - 1989. - Вып.104. - С.42-47.
3. Кучменко А.А., Попова В.П. О методике прогноза стока рек северо-западного склона Таласского Алатау // Тр.КазНИГМИ. - 1991. - Вып.107. - С.156-162.

4. Ли В.И. Результаты использования математической модели формирования стока при разработке метода долгосрочного прогноза притока воды в Бухтарминское водохранилище за кварталы и месяцы // Тр.КазНИИ Госкомгидромета. - 1987. - Вып.97. - С.3-7.
5. Наставление по службе прогнозов. - Раздел 3, Служба гидрологических прогнозов. - Ч.1. Прогнозы режима вод суши. - Л.: Гидрометеониздат, 1962. - 193 с.
6. Некипелова Л.К. Методика долгосрочного прогноза притока воды в Капчагайское водохранилище на различные календарные периоды // Тр. КазНИГМИ. - 1989. - Вып.104. - С.29-42.
7. Строева Т.П. К вопросу о прогнозировании водности рек северного склона Джунгарского Алатау (на примере р.Каратал и ее притоков) // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1991.- Вып.107. - С.148-156.

Приложение

Перечень предикторов, включенных в прогностические уравнения

| Прогнозируемый период | Обозначение и название предиктора |
|-----------------------|-----------------------------------|
|-----------------------|-----------------------------------|

р.Арысь - ж.-д.ст.Арысь

| | |
|-----------|---|
| Половодье | X_1 - объем оставшихся снеготазпасов на северной экспозиции на 20.01 в зоне высот 3400-3600 м, млрд м ³ X_2 - бытовой сток за первую декаду января, м ³ /с |
| Февраль | X_1 - суммарное поступление воды на поверхность бассейна на 20.01 в зонах, расположенных выше 400 м, млн м ³ |

| Прогнозируемый период | Обозначение и название предиктора |
|--------------------------|--|
| Март | X_2 - продуктивные влагозапасы на 30.11 на северной экспозиции в слое почвогрунтов 0-100 см в зоне высот 3600-3800 м, мм |
| | X_3 - бытовой сток за вторую декаду января, м ³ /с |
| | X_1 - сумма осадков по данным метеорологической станции Ванновка за период 1.12-10.02, мм |
| Апрель | X_2 - объем оставшихся снегозапасов в бассейне на 20.02, млрд м ³ |
| | X_1 - объем оставшихся снегозапасов на северной экспозиции в зоне высот 3400-3600 м на 20.03, млрд м ³ |
| Май | X_2 - сумма осадков по данным метеорологической станции Тасарык за период 1.12-20.03, мм |
| | X_1 - объем оставшихся снегозапасов на северной экспозиции в зоне высот 3400-3600 м на 20.03, млрд м ³ |
| | X_2 - бытовой сток за вторую декаду апреля, м ³ /с |
| | X_3 - сумма осадков по данным метеорологической станции Тасарык за период 1.12-20.03, мм |
| р. Бадам - с. Михайловка | |
| Половодье | X_1 - сумма осадков по данным метеорологической станции Шымкент за период 1.12-20.01, мм |
| | X_2 - бытовой сток за вторую декаду января, м ³ /с |
| Февраль | X_1 - бытовой сток за вторую декаду января, м ³ /с |

| Прогнозируемый период | Обозначение и название предиктора |
|---------------------------|--|
| Март | X_2 - продуктивные влагозапасы на 30.11 на северной экспозиции в слое почвогрунтов 0-50 см в зоне высот 2200-2400 м, мм X_1 - сумма осадков по данным метеорологической станции Шымкент за период 1.12-20.01, мм X_2 - продуктивные влагозапасы на 30.11 на северной экспозиции в слое почвогрунтов 0-50 см в зоне высот 2000-2200 м, мм |
| Апрель | X_1 - объем оставшихся снеготазпасов на северной экспозиции в зоне высот 2600-2800 м на 20.03, млрд м ³ X_2 - бытовой сток за вторую декаду марта, м ³ /с |
| Май | X_1 - сумма осадков по данным метеорологической станции Тасарык за период 1.12-20.04, мм X_2 - бытовой сток за вторую декаду апреля, м ³ /с |
| р.Бугунь - с.Красный Мост | |
| Половодье | X_1 - сумма осадков по данным метеорологической станции Шаян за период 1.11- 20.01, мм X_2 - объем оставшихся снеготазпасов на 20.01 в зонах выше 300 м, млрд м ³ |
| Февраль | X_1 - бытовой сток за вторую декаду января, м ³ /с |
| Март | X_1 - объем оставшихся снеготазпасов на 20.02 в зонах ниже 500 м, млрд м ³ X_2 - продуктивные влагозапасы на 20.02 на северной экспозиции в слое почвогрунтов 0-50 см в зоне высот 400-500 м, мм |

| Прогнозируемый период | Обозначение и название предиктора |
|-----------------------|---|
| Апрель | <p>X_1 - объем оставшихся снеготазпасов на 20.03 в зонах высот ниже 1250 м, млрд м³</p> <p>X_2 - продуктивные влагозапасы на 20.03 на северной экспозиции в слое почвогрунтов 0-100 см в зоне высот 300-400 м, мм</p> |
| Май | <p>X_1 - сунна осадков по данным метеорологической станции Шаян за период 1.12- 20.04, мм</p> <p>X_2 - объем оставшихся снеготазпасов на северной экспозиции в зоне высот 700-800 м на 20.03, млрд м³</p> |
| р.Келес - аул Акжар | |
| Половодье | <p>X_1 - бытовой сток за вторую декаду января, м³/с</p> <p>X_2 - продуктивные влагозапасы на 30.11 на северной экспозиции в слое почвогрунтов 0-50 см в зоне высот 1100-1300 м, мм</p> |
| Февраль | <p>X_1 - бытовой сток за вторую декаду января, м³/с</p> <p>X_2 - продуктивные влагозапасы на 30.11 на северной экспозиции в слое почвогрунтов 0-50 см в зоне высот 1900-2100 м, мм</p> |
| Март | <p>X_1 - объем оставшихся снеготазпасов на северной экспозиции в зоне высот 500-700 м на 20.02, млрд м³</p> <p>X_2 - продуктивные влагозапасы на 30.11 на северной экспозиции в слое почвогрунтов 0-50 см в зоне высот 1100-1300 м, мм</p> |

| Прогнозируемый период | Обозначение и название предиктора |
|-----------------------|---|
| Апрель | X_1 - сумма осадков по данным метеорологической станции Ленинское за период 1.12- 20.03, мм |
| | X_2 - бытовой сток за вторую декаду марта, м ³ /с |
| Май | X_1 - сумма осадков по данным метеорологической станции Ленинское за период 1.12- 20.04, мм |
| | X_2 - бытовой сток за вторую декаду апреля, м ³ /с |

р.Шаян - в 3,3 км ниже устья р.Акбет

| | |
|-----------|---|
| Половодье | X_1 - сумма осадков по данным метеорологической станции Шаян за период 1.11- 20.01, мм |
| | X_2 - поступление воды на поверхность бассейна в пределах высотной зоны 1100 - 1200 м на 20.01, млрд м ³ |
| Февраль | X_1 - поступление воды на поверхность бассейна в зоне высот 400-500 м на 20.01, млрд м ³ |
| | X_2 - количество дней с атмосферной циркуляцией типа Е по Вангенгейку за период 1.09-31.10, сут. |
| Март | X_1 - сумма осадков по данным метеорологической станции Шаян за период 1.11- 20.01, мм |
| | X_2 - льдистость почвогрунтов на северной экспозиции в пределах высотной зоны 700- 800 м на 20.02, м |
| Апрель | X_1 - сумма осадков по данным метеорологической станции Шаян за период 1.11- 10.03, мм |

| Прогнозируемый период | Обозначение и название предиктора |
|-----------------------|---|
| Май | X_2 - объем оставшихся снеготпасов на северной экспозиции в зоне высот 1000-1100 м на 20.02, млрд м ³ |
| | X_1 - суммарное поступление воды на поверхность бассейна в зонах с высотами более 400-500 м на 20.04, млрд м ³ |
| | X_2 - продуктивные влагозапасы на 20.03 на северной экспозиции в слое почвогрунтов 0-50 см в зоне высот 1100-1200 м, мм |

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

КӨКТЕМГІ ТАСҚЫН КЕЗІНДЕГІ ОҢТҮСТІК
ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ТАУ ӨЗЕНДЕРІ
СУЫН ҰЗАҚ МЕРЗІМДІ БОЛЖАУ

В.П. Попова

Тау өзендері ағысының қалыптасуы моделдерін және регрессиялық схемасын пайдалану негізінде жасалған көктемгі тасқын кезеңінде Оңтүстік Қазақстандағы тау өзендері суын ұзақ мерзімді болжау әдістері таратылады. Жасалған әдістің нәтижелі бағасы көрсетіледі.

УДК 556.164 (23.05)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТУПЛЕНИЯ ВОДЫ НА ПОВЕРХНОСТЬ
ЛЕДНИКОВОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО БАССЕЙНА**

Канд. геогр. наук В. В. Голубцов

Канд. техн. наук В. И. Ли

Т. П. Строева

Изложена схема расчета поступления воды на поверхность ледниково-фирновой зоны горного бассейна.

Поступление воды на поверхность ледниково-фирнового бассейна осуществляется в процессе таяния снега, фирна, льда и выпадения осадков. Для его расчета в период снеготаяния можно использовать схему, приведенную в работе [2] для неледниковой части бассейна, учитывая особенности температурного режима в приледниковой слое воздуха.

Как показали исследования П. А. Черкасова и Т. Ерикбаева [3], при переходе от неледниковой части бассейна к леднику наблюдается резкое уменьшение температуры воздуха (температурный скачок) и изменение вертикального температурного градиента. Это объясняется тем, что у поверхности ледника вследствие не превышения ее температуры 0°C образуется устойчивый приледниковый инверсионный слой воздуха, препятствующий его прогрессиву.

В связи с наличием температурного скачка выражение для расчета средней суточной температуры воздуха $\theta_{0,д}$ на высоте $h_{пр.д}$ у нижней границы языка ледника в момент времени t , в отличие от неледниковой части бассейна [1], можно записать в следующем виде:

$$\theta_{0,л} = \theta_0 - \gamma \cdot (h_{пр.л} - h_0) - \Delta\theta, \quad (1)$$

где θ_0 - средняя суточная температура воздуха приведенная к единой высоте h_0 по всем используемым в бассейне и вблизи него метеорологическим станциям; γ - вертикальный градиент температуры воздуха в неледниковой части бассейна, $^{\circ}\text{C}/\text{км}$; $\Delta\theta$ - температурный скачок, $^{\circ}\text{C}$.

Для расчета температуры θ_1 в любой i -ой зоне ледника можно использовать выражение

$$\theta_1 = \theta_{0,л} - \gamma_{лд} \cdot (h_1 - h_{пр.л}), \quad (2)$$

где $\gamma_{лд}$ - вертикальный температурный градиент в ледниковой части бассейна, $^{\circ}\text{C}/\text{км}$.

В работе [3] приведены значения $\Delta\theta$ и $\gamma_{лд}$ при различных значениях облачности. Так, при полном отсутствии облачности (0 баллов) $\Delta\theta = -0,1^{\circ}\text{C}$ и $\gamma_{лд} = 9,8^{\circ}\text{C}/\text{км}$, а при общей облачности 10 баллов $\Delta\theta = -2,1^{\circ}\text{C}$ и $\gamma_{лд} = 1,4^{\circ}\text{C}/\text{км}$. В этой же работе для расчета значений $\Delta\theta$ и $\gamma_{лд}$ в зависимости от величин общей облачности N_0 , предложены следующие выражения:

$$\Delta\theta = -0,093 - 0,025 \cdot N_0 + 0,019 \cdot N_0^2 - 0,006 \cdot N_0^3 + 0,00029 \cdot N_0^4, \quad (3)$$

$$\gamma_{лд} = 0,97 + 0,0084 \cdot N_0 + 0,0243 \cdot N_0^2 - 0,0246 \cdot N_0^3 + 0,0039 \cdot N_0^4 - 0,00018 \cdot N_0^5. \quad (4)$$

В качестве примера в таблице приведены значения $\Delta\theta$ и $\gamma_{лд}$, рассчитанные по выражениям (3) и (4) для северного склона Джунгарского Алатау по средней облачности для каждого месяца, а на рис. 1 и 2 показана их динамика во времени, которая может быть описана выражениями следующего вида:

$$\Delta\theta = -0,51 + 0,275 \cdot \cos[2\pi/365 \cdot (t-180)], \quad (5)$$

$$\gamma_{лд} = 3,27 + 2,27 \cdot \cos[2\pi/365 \cdot (t-30)]. \quad (6)$$

Значения $\Delta\theta$ и $\gamma_{\text{лд}}$ при средней общей облачности для северного склона Джунгарского Алатау

| Месяц | N_0 , балл | $\Delta\theta$, °C | $\gamma_{\text{лд}}$, °C/км |
|----------|--------------|---------------------|------------------------------|
| Январь | 5,4 | - 0,45 | 3,40 |
| Февраль | 5,7 | - 0,52 | 2,85 |
| Март | 6,4 | - 0,71 | 1,81 |
| Апрель | 6,5 | - 0,74 | 1,69 |
| Май | 6,6 | - 0,78 | 1,57 |
| Июнь | 6,3 | - 0,68 | 1,94 |
| Июль | 5,6 | - 0,49 | 3,03 |
| Август | 4,9 | - 0,35 | 4,40 |
| Сентябрь | 4,1 | - 0,23 | 6,11 |
| Октябрь | 4,6 | - 0,30 | 5,04 |
| Ноябрь | 5,2 | - 0,41 | 3,79 |
| Декабрь | 5,3 | - 0,43 | 3,59 |

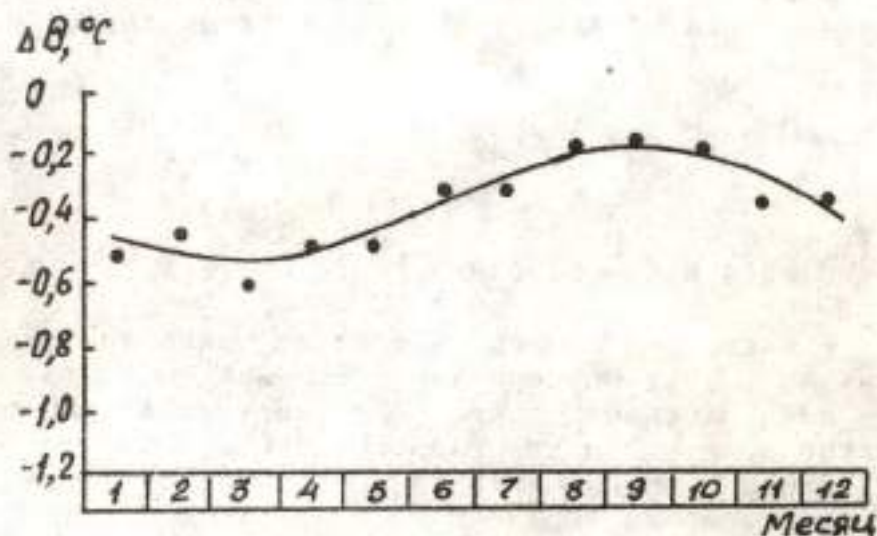


Рис. 1. Годовой ход температурного скачка ($\Delta\theta$) у конца языка ледника (северный склон Джунгарского Алатау)

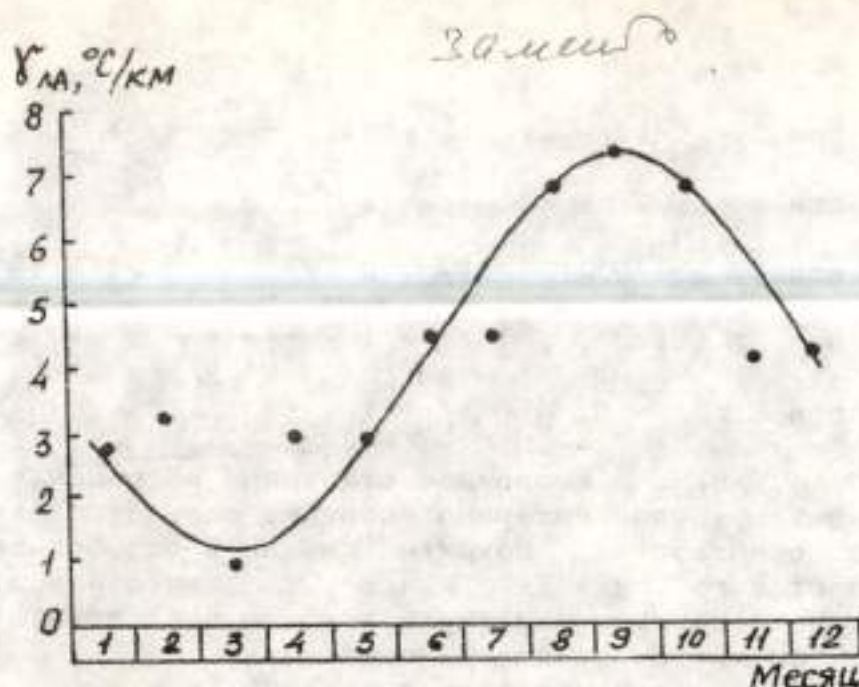


Рис. 2. Годовой ход вертикального градиента температуры ($\gamma_{лД}$) в приледниковом слое воздуха (северный склон Джунгарского Алатау)

Как уже говорилось выше, определение поступления воды ($v_{л}$) на поверхность ледниково-фирновой части горного бассейна вследствие таяния снега и выпадающих жидких осадков осуществляется по схеме, приведенной в работе [2]. Поступление воды от таяния льда и фирна ($v_{л.ф.}$) может быть рассчитано с помощью выражения

$$v_{л.ф.} = S_{л} \cdot [k_6 \cdot \Phi + k_7 \cdot (1 - \Phi)], \quad (7)$$

где $S_{л}$ - максимально возможное стаивание, мм/сут; k_6, k_7 - коэффициенты, учитывающие величину абляции льда или фирна, если количество стаявшего снега в рассматриваемые сутки меньше $S_{л}$; Φ - покрытость высотной ледниковой зоны снегом. Значения этих коэффициентов определяются из следующих условий:

$$\begin{aligned}
&\text{при } S_{2, n} < H_{2, n-1} \quad k_6 = 0 ; \\
&\text{при } S_{2, n} > H_{2, n-1} \quad k_6 = 1 - \frac{S_{2, n}}{H_{2, n-1}} ; \\
&\text{при } H_{2, n-1} = 0 \quad k_6 = 1 ; \\
&\text{при } S_{1, n} < H'_{n-1} \quad k_7 = 0 ; \\
&\text{при } S_{1, n} > H'_{n-1} \quad k_7 = 1 - \frac{S_{1, n}}{H'_{n-1}} ; \\
&\text{при } H'_{n-1} = 0, \quad k_7 = 1 ,
\end{aligned}$$

где $S_{2, n}$, $S_{1, n}$ - возможное стаивание за рассматриваемый суточный интервал времени, соответственно на поверхностях, покрытых снегом и освободившихся от него, мм; $H_{2, n-1}$ и H'_{n-1} - снеготолщины, оставшиеся на льду или фирне в конце предшествующих суток на тех же поверхностях, мм.

Докажем правомерность выражений

$$k_6 = 1 - \frac{S_{2, n}}{H_{2, n-1}} \quad \text{и} \quad k_7 = 1 - \frac{S_{1, n-1}}{H_{n-1}} .$$

Выражение для количества стаявшего льда или фирна $S_{л}$ при отсутствии снега можно записать в виде

$$S_{л} = k_{л} \cdot \theta, \quad (8)$$

где $k_{л}$ - коэффициент стаивания льда, мм/(°С·сут). Пусть температура θ отражает количество тепла, израсходованного на стаивание количества снега H_{n-1} , которое меньше возможного значения стаивания, тогда величина стаивания льда или фирна запишется в виде:

$$S_{л} = k_{л} \cdot (\theta - \theta_1), \quad (9)$$

где $\theta_1 = H_{n-1}/k$; k - коэффициент стаивания снега на один градус положительной температуры воздуха, мм/(°С·сут). Подставим значение θ_1 в (9). Тогда

$$S_{л.1} = k_{л} \cdot \left(\theta - \frac{H_{n-1}}{k} \right). \quad (10)$$

Разделив (10) на (8), получим:

$$\frac{S_{л.1}}{S_{л}} = 1 - \frac{H_{n-1}}{k \cdot \theta}. \quad (11)$$

Поскольку $k \cdot \theta = S_{л}$,

$$S_{л.1} = S_{л} \cdot \left(1 - \frac{H_{n-1}}{S_{л}} \right) = S_{л} \cdot k'. \quad (12)$$

Подставляя в (12) вместо H и S соответственно $H_{2,n-1}$ и $S_{2,n}$, H'_{n-1} , $S'_{1,n}$, получим приведенные выше формулы для определения коэффициентов k_6 и k_7 .

Таким образом, окончательно для расчета поступления воды на поверхность ледниково-фирновой зоны можно рекомендовать следующее выражение:

$$\theta_{л.ф.} = \theta_{л} + S_{л} \cdot [k_6 \cdot \Phi + k_7 \cdot (1-\Phi)]. \quad (13)$$

Расчет поступления воды производится для каждой высотной зоны. Суммарное поступление определяется как сумма поступления воды на поверхность каждой высотной зоны.

В заключение следует отметить, что предложенная схема расчета поступления воды для ледниково-фирновой зоны может быть использована как отдельно для этой зоны, так и в общей схеме для всего бассейна горной реки с полным или частичным ледниковым питанием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М. Модель поступления воды на поверхность горного бассейна и некоторые результаты ее проверки на бассейнах рек Западного Тянь-Шаня // Тр. САНИГМИ. - 1970. - Вып.52 (67). - С. 3-20.

2. Голубцов В.В., Ли В.И. Уточнение схемы поступления воды на поверхность горного бассейна // Тр. КазНИГМИ. - 1975. - Вып.48. - С.60-64.
3. Черкасов П.А., Ермекбаев Т. Вертикальный градиент температуры воздуха на северном склоне Джунгарского Алатау в абляционный период // Снежные лавины и ледники Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1977. - С. 122-133.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ТАУ ӨЗЕНДЕРІ СУЛЫЛЫҒЫН ҚЫСҚА
МЕРІЗІМДІ БОЛЖАУ ҮШІН АРЫСТАРДЫ
ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ МОДЕЛДЕРІН
ПАЙДАЛАНУ

| | |
|---------------|--------------|
| Геогр. ф.канд | В.В.Голубцов |
| Техн. ф.канд | В.И.Ли |
| | В.П.Попова |
| | Т.П. Строева |

Жоңғар Алатауының солтүстік-батыс жоталары мен Каратаудың оңтүстік-батыс сілемдері жоталарындағы бірқатар өзендер мысалында Қазақстандағы тау өзендері сулылығын қысқа мерзімді болжау үшін арыстарды қалыптастырудың моделдерін пайдаланудағы әдістердің мүмкіндігі қарастырылады. Дайындалған өдістің нәтижелі бағасы ашып көрсетілген.

УДК 556.522

**О СТАТИСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ РЕЧНОЙ СЕТИ
ВАХША И НАРЫНА**

М.С.Глазырина

Исследована структура естественной речной сети крупнейших рек Средней Азии - Нарына и Вахша с позиций теории фрактальности и самоподобия. Показано, что для них справедливы основные эмпирические и теоретические законы строения речных сетей.

Речная сеть - один из интересных объектов исследований не только с точки зрения географических наук, но и с точки зрения математической статистики. Она является результатом сложного естественного физико-географического процесса, определяемого величиной и интенсивностью поступления влаги на поверхность суши (климатические факторы), условиями стока этих вод (гидрологические факторы) и сопротивляемостью поверхности суши эрозии (геоморфологические факторы).

Изучением свойств речной сети занимались многие ученые, как в странах СНГ, так и за рубежом [2, 5, 6, 12, 13 и др.]. Мы решили подойти к изучению этих вопросов с точки зрения теории фрактальности и самоподобия. Это сравнительно новое научное направление, однако за рубежом, где ему уделяется много внимания, уже получены результаты, которые без сомнения доказывают необходимость его дальнейшего развития.

Фрактальность и самоподобие напрямую связаны со структурой речной сети. Поэтому возникает необходимость в ее формализации. Среди существующих методов классификации потоков по порядкам (Хортон, Штралер, Шриве, Ржаницын, Карасев) мы выбрали метод Штралера, т.к. он наилучшим образом подходит для решения поставленной задачи.

Прежде чем переходить к исследованию свойств речной сети, связанных с фрактальностью, необходимо сказать кое-что о самом понятии "фрактальность".

Г.И.Баренблатт [1] определил фракталы, как геометрические объекты (линии, поверхности, пространственные тела), имеющие сильно изрезанную форму и обладающие некоторыми специальными свойствами однородности и самоподобия. Такого рода объекты изучались еще математиками конца 19 - начала 20 века. Среди множества необычных объектов, построенных в то время, при пересмотре оснований математики многие оказались фракталами (канторовская пыль, кривая Пеано, снежинка Коха, ковер Серпинского и т.д.). Сам термин "фрактал" (от латинского "fractus" - "дробный", "не целый") и общее понятие фракталов ввел Бенуа Мандельброт [9]. В арсенале современной математики Б.Мандельброт нашел удобную количественную меру неидеальности объектов - извилистости контура, морщинистости поверхности, трещиноватости и пористости объема. Ее предложили два математика - Ф.Хаусдорф и А.С.Безикович.

Одним из самых наглядных примеров необходимости введения фрактальной размерности является попытка измерения длины морского побережья острова Британия, предпринятая известным английским физиком Л.Ф.Ричардсоном [9]. Он выбрал следующий естественный для обычных гладких кривых способ определения этой длины: приблизил линию побережья на детальной карте Британии замкнутой ломаной линией, составленной из отрезков постоянной длины h , все вершины которой располагались на побережье. Длина L_h этой ломаной принималась за приближенное значение длины побережья, соответствующее данному значению h . Предполагалось, что при уменьшении h соответствующие значения длин аппроксимирующих ломаных L_h будут стремиться к определенному конечному пределу, который следует принять за длину морского побережья. Однако, в отличие от гладкой кривой, линия морского побережья

оказалась настолько изрезанной, что с уменьшением длины звена h величина L_h неограниченно возрастала, причем во всем имевшемся диапазоне значений h это возрастание происходило по степенному закону:

$$L_h = \lambda \cdot h^{1-D}, \quad (1)$$

где $\lambda > 0$ и $D > 1$ - некоторые постоянные. Для отдельных участков также получались соотношения вида (1) с теми же D , но с другими, меньшими λ . Как видно, постоянная D безразмерна, постоянная же λ имеет причудливую размерность длины в дробной степени D . Формальный переход к пределу при $h \rightarrow 0$ в соотношении (1) дает малосодержательный результат: определяемая по предложенному способу длина морского побережья и длина любого его отрезка бесконечны, в то же время, из (1) следует, что отдельные куски побережья можно сравнивать по некоторой мере протяженности, хотя и не по длине, а по соответствующим им коэффициентам λ .

Величина λ , являющаяся мерой протяженности и искривленности предельной непрерывной кривой, для которой справедливо соотношений (1), называется ее мерой Хаусдорфа, а D - фрактальной размерностью [1, 9].

Так же как береговая линия и многие другие природные объекты, речная сеть является фрактальным объектом [8, 9 и др.] со своей мерой Хаусдорфа и фрактальной размерностью, индивидуальными для каждого бассейна (методика вычисления D будет показана ниже).

Речную сеть можно отнести к определенному классу фрактальных объектов (древовидные объекты), в который наряду с речной сетью входят такие природные объекты как молнии, бронхиальные пути, вегетативная нервная система и т.п.

Рассмотрим класс деревьев, у которых каждый поток порядка w имеет не менее 2 притоков порядка $w-1$, и $T_{w,k}$ побочных притоков порядка k , где w изменяется от 1 до некоторого W , а k изменяется от 1 до $w-1$. Числа $T_{w,k}$ могут быть упорядочены в виде квадратной нижнетреугольной матрицы [10]

$$\begin{bmatrix} T_{2,1} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ T_{3,1} & T_{3,2} & 0 & \dots & 0 \\ T_{4,1} & T_{4,2} & T_{4,3} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{W,1} & T_{W,2} & T_{W,3} & \dots & T_{W,W-1} \end{bmatrix} \quad (2)$$

и в общем определяют дерево порядка W . Мы будем называть элементы этой матрицы образующими. Топологические самоподобные деревья могут быть определены, как подкласс деревьев с определяющими, которые отвечают условию $T_{W,W-1} = T_k$, где T_k - число, которое зависит от k и не зависит от w и показывает число побочных притоков порядка $w-k$. В терминах вышеуказанной матрицы, самоподобные - это те деревья, в которых элементы, лежащие на диагонали, остаются постоянными. В теории матриц такие матрицы называются Теплицевыми. Заметим, что в то время, когда более общие деревья определяются $W(W-1)/2$ параметрами, самоподобные деревья нуждаются только в $W-1$ параметрах. Эти деревья, с дополнительным условием $T_{k+1}/T_k = \text{const}$ для любого k , были впервые рассмотрены Е.Токанагой [14].

Рассмотрим некоторые характеристики свойства самоподобных деревьев. Обозначим через N_w общее число притоков порядка w в данном дереве. При каждом слиянии двух притоков порядка w должен образовываться поток порядка $w+1$. Кроме того, потоки порядка w могут быть побочными притоками для потока порядка большего, чем w . Ясно, что N_w должно удовлетворять рекуррентной формуле:

$$N_w = 2 \cdot N_{w+1} + \sum_{k=1}^{W-w} T_k \cdot N_{w+k}. \quad (3)$$

Все деревья включают только один поток высшего порядка, так что $N_W = 1$ и последовательность $\{N_w\}$ полностью определяется последовательностью $\{T_k\}$.

Для естественных речных сетей часто наблюдается быстрое приближение величины N_w/N_{w+1} к константе при изменении w от W до 1. Это было впервые отмечено Р.Хортоном [6]. В литературе о речных сетях эта константа, обозначаемая R_B , называется бифуркационным коэффициентом. Если предел R_B существует, то $N_w \sim c \cdot R_B^{W-w}$, где знак эквивалентности обозначает асимптотическое равенство при увеличении $W-w$.

Рассмотрим другое интересное свойство самоподобных деревьев. Пусть мы имеем деревья порядка w . Эти деревья могут быть поддеревьями в деревьях большего порядка, скажем, W . В самоподобном дереве каждое поддерево порядка w имеет некоторую величину M_w . Можно вычислить величину поддерева M_w используя следующее соотношение [10]:

$$M_w = 2 \cdot M_{w-1} + \sum_{k=1}^{w-1} T_k \cdot M_{w-k}, \quad (4)$$

где $M_1 = 1$. Равенство (4) очень напоминает равенство (3), хотя они получены из разных соображений. Фактически имеет место следующее равенство: $M_{W-w+1} = N_w$. Определим коэффициент

$$R_M = \lim_w (M_{w+1}/M_w).$$

Еще одним топологическим свойством будем считать число звеньев в потоке Штралера. Ясно, что число звеньев только на 1 больше, чем общее число побочных притоков. Таким образом, можно записать:

$$C_w = 1 + \sum_{k=1}^{w-1} T_k, \quad (5)$$

где C_w - число звеньев в штралеровском потоке порядка w . Эту формулу можно переписать в следующем виде:

$$C_{w+1} = C_w + T_w. \quad (6)$$

Отсюда определим коэффициент R_C следующим образом:

$$R_C = \{C_{w+1}/C_w\}.$$

Как было отмечено ранее, речная сеть является фрактальным объектом. Фрактальная структура обычно характеризуется фрактальной размерностью. Применяя стандартное определение фрактальной размерности К.Фальконе [7] получил:

$$D = \frac{\log(R_B)}{\log(R_C)} \quad (8)$$

Используя описанные выше коэффициенты, можно записать хорошо известные эмпирические законы (числа потоков, их длины и площади водосборов) в виде:

$$\begin{aligned} N_w &= K_N \cdot R_B^{w-w_0}, \\ \langle L_w \rangle &= K_L \cdot R_L^{w-1}, \\ \langle F_w \rangle &= K_F \cdot R_F^{w-1}, \end{aligned} \quad (9)$$

где символ $\langle \rangle$ обозначает среднее значение для всех потоков порядка w , K_N , K_L , K_F - константы, R_B - бифуркационный коэффициент, а R_L и R_F известны, как коэффициенты длины потоков и площадей водосборов. Их значения определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} R_B &= N_w/N_{w+1}; & R_L &= \lim(L_{w+1}/L_w) \\ \text{и } R_F &= \lim(F_{w+1}/F_w). \end{aligned}$$

Эмпирические законы, соответствующие соотношениям (9), все вместе обычно называются законами Хортонна (хотя не все они принадлежат ему), а их ключевые параметры - коэффициентами потоков. Законы Хортонна можно рассматривать, как подтверждение фрактальности речной сети.

Кроме законов Хортонна широко известен закон Хаха [10, 11], связывающий длину реки с площадью ее водосбора:

$$L_H = c \cdot F^b,$$

где L_H - длина главного потока, b - обычно около 0,5 и c - коэффициент, зависящий от единицы измерений. В теории графов длина главного потока называется диаметром дерева. До настоящего времени многие специалисты пытались отыскать величину b (экспонента Хаха) и получали в результате число, превосходящее 0,5. Авторы более ранних работ, включая Хаха, связывали это с тем, что форма речного бассейна становится более удлиненной с увеличением его площади. Однако в последнее время было показано, что это скорее зависит от изменения извилистости реки. Дискуссии продолжаются. Фальконе [7] показал, что $b=1/D$. Кроме того, им было показано, что фрактальная размерность главного потока принимает значения между 1 и 2 ($1 < D < 2$).

Приведенные здесь результаты служат теоретической основой анализа естественных речных сетей. В статистических методах описания речных сетей большую роль играет величина водотока. Поэтому возникла необходимость выбрать самые крупные реки Средней Азии. Самым логичным было бы взять целиком Амударью и Сырдарью. Однако в низовьях эти реки пересекают пустыни, а кроме того, разбираются на орошение, что нарушает статистические закономерности речной сети. В связи с этим мы сочли самым правильным взять лишь крупнейшие притоки этих рек - Вахш и Нарын. Мы воспользовались данными, приведенными в сборниках [3, 4], где представлены данные только по тем рекам, длина которых не менее 10 км. Это существенно уменьшает набор данных и является еще одной причиной выбора для исследований таких крупных рек, как Нарын и Вахш.

Для речной сети взятых нами рек мы составили матрицы вида (2). Для этого каждому потоку был присвоен порядок согласно методике Штралера. Ока-

залось, что обе главные реки имеют пятый порядок. Как уже было сказано, мы имели возможность учитывать только реки длиной не менее 10 км. Очевидно, если бы были учтены и более короткие водостоки, порядок главных рек оказался бы больше.

Естественно, в природе речные сети не являются самоподобными в строгом смысле, их можно назвать статистически самоподобными. Поэтому $T_{w,k}$ вычисляются, как средние. Таким образом были получены следующие матрицы:

для Нарына -

$$\begin{bmatrix} 1,06 & 0 & 0 & 0 \\ 4,08 & 1,88 & 0 & 0 \\ 11,80 & 3,00 & 1,20 & 0 \\ 44,00 & 25,00 & 8,00 & 3,00 \end{bmatrix} \quad (10)$$

и для Вахша -

$$\begin{bmatrix} 0,87 & 0 & 0 & 0 \\ 1,82 & 0,18 & 0 & 0 \\ 21,00 & 5,33 & 1,67 & 0 \\ 19,00 & 5,00 & 0,00 & 1,00 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Видно, что хотя элементы на диагоналях не равны, как это требуется по определению самоподобных деревьев, однако они не сильно различаются, поэтому, используя элементы матриц (10) и (11), мы можем составить следующую таблицу:

Таблица 1

Число притоков порядка $w-k$ к потокам порядка w

| Река | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| Нарын | 1,79 | 5,03 | 18,40 | 44,00 |
| Вахш | 0,93 | 2,38 | 13,00 | 19,00 |

Оказалось, что структура речной сети Нарына более или менее удовлетворяет в статистическом смысле условию $T_{k+1}/T_k = \text{const}$ для любого k , налагаемому на самоподобные деревья [14], то есть значения указанных отношений различаются, но незначительно. Для Вахша эти различия более заметны, что, по нашему мнению, обуславливается недостаточно большим массивом исходных данных.

Имея значения величин T_k , можно рассмотреть некоторые свойства самоподобных деревьев на примере естественных речных систем. Используя формулы (3)-(5), мы получили значения N_w , M_w и C_w (см. табл. 2 и 3).

Таблица 2

Число потоков (N_w) порядка w , их средняя длина (L_w , км), площадь (F_w , км²), величина поддерева (M_w) и количество звеньев (C_w) в бассейне р. Нарын

| w | N_w | L_w | F_w | M_w | C_w |
|-----|-------|-------|---------|-------|-------|
| 1 | 192 | 16,5 | 136,6 | 1,0 | 1,0 |
| 2 | 45 | 27,0 | 466,1 | 3,8 | 2,8 |
| 3 | 11 | 44,6 | 1815,5 | 19,4 | 7,8 |
| 4 | 3 | 177,7 | 3190,0 | 110,9 | 26,2 |
| 5 | 1 | 524,0 | 39100,0 | 661,8 | 70,2 |

Таблица 3

То же, что в табл. 2, но для бассейна р. Вахш

| w | N_w | L_w | F_w | M_w | C_w |
|-----|-------|-------|---------|-------|-------|
| 1 | 611 | 14,8 | 53,5 | 1,0 | 1,0 |
| 2 | 132 | 28,6 | 294,0 | 2,9 | 1,9 |
| 3 | 24 | 55,6 | 1597,8 | 10,9 | 4,3 |
| 4 | 5 | 141,2 | 5316,0 | 51,5 | 17,3 |
| 5 | 1 | 558,0 | 59900,0 | 234,0 | 36,3 |

Видно, что хотя значения величин M_w , N_w и C_w различны для Нарына и Вахша, но при сравнении отношений N_{w+1}/N_w , M_w/M_{w+1} и C_w/C_{w+1} для обеих рек можно сказать, что они достаточно близки, с той лишь оговоркой, что все значения для Нарына в среднем больше, чем для Вахша, это объясняется, по нашему мнению, большей "разветвленностью" первого.

Сравнивая значения N_w и M_w , мы можем сказать, что условие $N_w = M_{w-w+1}$, которое должно выполняться для самоподобных деревьев, практически выполняется и для наших рек. Кроме того, видно, что $(M_{w+1}/M_w) \cdot (C_w/C_{w+1}) \approx 2$ при $w > 1$.

Далее, используя данные из табл. 2 и 3, мы можем найти бифуркационный коэффициент R_B , а также коэффициенты R_M и R_C (табл. 4).

Таблица 4

Значения ключевых параметров и фрактальные размерности

| Река | R_B | R_M | R_C | R_L | R_F | D |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Нарын | 4,98 | 5,08 | 2,93 | 2,56 | 6,17 | 1,49 |
| Вахш | 3,76 | 3,98 | 2,57 | 2,63 | 5,32 | 1,40 |

Как и предполагалось из теоретических соображений, значения коэффициентов R_B и R_M близки для обеих рек и, как видно из табл. 4, примерно в 2 раза больше коэффициента R_C . Таким образом, мы убеждаемся, что естественная речная сеть Средней Азии, как и теоретическая, обладает свойствами самоподобия и однородности.

Как уже говорилось, главными статистическими закономерностями естественной речной сети являются законы Хортон и закон Хака. Нашей целью было проверить, выполняются ли они для выбранных рек. На рисунке, построенном в полулугарифмическом масштабе, показаны зависимости N_w , L_w и F_w от порядка потоков w . Их аналитические выражения имеют следующий вид:

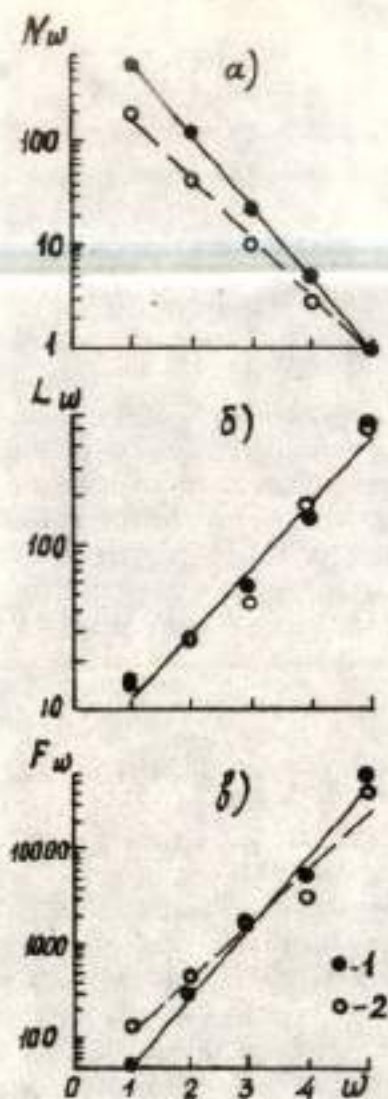


Рис. Зависимости числа потоков (N_w), средней длины потоков (L_w) и средней площади потоков (F_w) от их порядка (w):
 1 - р. Вакш; 2 - р. Нарын

для Нарына -

$$N_w = 3128 \cdot \exp(-1,61 \cdot w),$$

$$L_w = 5,09 \cdot \exp(0,88 \cdot w),$$

$$F_w = 32,2 \cdot \exp(1,32 \cdot w);$$

для Вахша -

$$N_w = 651 \cdot \exp(-1,32 \cdot w),$$

$$L_w = 5,01 \cdot \exp(0,89 \cdot w),$$

$$F_w = 9,42 \cdot \exp(1,70 \cdot w).$$

Как видим, зависимости $N_w(w)$ и $F_w(w)$ для Нарына и Вахша не совпадают, что можно объяснить, по нашему мнению, большей изрезанностью и молодостью рельефа последнего бассейна. Далее, мы построили зависимость длин потоков от площадей их водосборов с целью посмотреть, соблюдается ли для названных рек закон Хака, и получили следующие уравнения:

$$\text{для Нарына - } L = 2,09 \cdot F^{0,52},$$

$$\text{для Вахша - } L = 1,20 \cdot F^{0,57}.$$

Как и предполагалось, мы получили экспоненты Хака большие 0,5, хотя и не достигающие 0,6, как для некоторых крупных рек мира.

И, наконец, на основе полученных данных была рассчитана по формуле (8) фрактальная размерность D для речных сетей Нарына и Вахша. Как видно из табл. 4, результаты удовлетворяют условию, наложенному на размерность фрактальных кривых: $1 < D < 2$. Следовательно, мы получили еще одно доказательство фрактальности естественных речных сетей Средней Азии.

Итак в работе были проанализированы некоторые свойства речных сетей, проистекающие из их фрактальности для крупнейших рек Средней Азии - Нарына и Вахша. Оказалось, что в основном теоретические закономерности выполняются, и это еще раз подтверждает предположение о фрактальности

естественных речных сетей. Мы считаем, что изучение статистических закономерностей структуры речных систем - важное и многообещающее научное направление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баренблатт Г.И. Подобие, автомодельность, промежуточная асимптотика. Теория и приложения к геофизической гидродинамике. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 256 с.
2. Карасев М.С., Худяков Г.И. Речные системы на примере Дальнего Востока. - М.: Наука, 1984. - 144 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Том 14. Бассейны рек Средней Азии. Выпуск 1. Бассейн р. Сыр-Дарьи. - Л.: Гидрометеиздат, 1965. - 355 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Том 14. Бассейны рек Средней Азии. Выпуск 3. Бассейн р. Аму-Дарьи. - Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 323 с.
5. Ржаницын Н.А. Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. - Л.: Гидрометеиздат, 1960. - 240 с.
6. Хортон Р.Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. - М.: Гос. изд. иностранной литературы, 1948. - 158 с.
7. Falconer K. Fractal Geometry - Mathematical Foundations and Applications. - New-York: John Wiley, 1990. - 116 p.
8. Inaoka H., and Takayasu H. Water erosion as a fractal growth process // Phys. Rev. Lett. - 1993. - Vol. 47, N 2. - P.899-910.
9. Mandelbrot B.B. Fractals. Form, chance, and dimension. - San Francisco: W.H. Freeman and Co., 1977. - 466 p.
10. Peckham S.D. New results for self-similar trees with applications to river networks // Water Resour. Res. - 1995. - Vol. 31, N 4. - P.1023-1029.

11. Ritter D.F., Kochel R.C., Miller J.R. Process geomorphology. - Chicago: WCB Publishers, 1995. - 546 p.
12. Shreve R.L. Statistical law of stream numbers // J. Geol. - 1966. - Vol. 74. - P.17-37.
13. Strahler A.N. Physical Geography. - New-York: John Wiley & sons Inc., 1975. - 643 p.
14. Tokunaga E. Consideration on the composition of drainage networks and their evolution // Tokio Metrop. Univ. Geogr. Rep. - 1978. - N 13. - P.98-111.

Ташкентский государственный университет
им. М.Улугбека

ВАХША МЕН НАРЫН ӨЗЕН ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ
СТАТИСТИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫ ТУРАЛЫ

М.Г.Глазырина

Орта Азиядағы ірі өзендер Нарын мен Вахша су жүйесінің табиғи құрылымы фрактальді теориясы тұрпаты тұрғысында зерттеледі. Оларға негізінен өзен жүйелерінің эмпирикалық және теориялық заңдылықтары тән екендігі ашып көрсетіледі.

УДК 556.3.012:556.332.6(574.3)

О СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЯХ ОЦЕНОК ПИТАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД БАЛАНСОВО-ГИДРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Канд. геол.-мин. наук М.М.Бураков

Исследуются случайные погрешности оценок питания подземных вод балансово-гидрометрическим методом на примере балансового участка на склоне солки Букпа в Северном Казахстане. Показана низкая достоверность подобных оценок. Случайные инструментальные и методические погрешности параметров инфильтрации могут достигать почти 200 %.

В условиях Казахстана наиболее надежным источником водоснабжения являются пресные и слабоминерализованные подземные воды. В качестве критерия надежности служит продолжительность водоотбора из их месторождений, которая должна быть не менее 50-100 лет. Это обуславливает необходимость ограничения водоотбора величиной питания подземных вод. Следовательно, исключительно актуальной становится задача достоверной оценки последнего, т.е. естественных ресурсов. В гидрологии аналогичная задача рассматривается с позиций анализа формирования потерь талого стока [11].

В работе [1] изложены существующие принципиальные подходы к оценке естественного питания грунтовых вод. Там же подробно исследованы систематические погрешности подобных оценок, возникающие при реализации одного из этих подходов балансово-гидрометрическим методом, который предполагает изучение баланса воды на поверхности выделенного участка с отнесением невязки на счет инфильтрации. Цель настоящей работы состоит в рассмотрении влияния на достоверность определения

питания подземных вод балансово-гидрометрическим методом случайных погрешностей измеряемых и рассчитываемых составляющих водного баланса.

Терминами достоверность или точность будут обозначать далее характеристику качества опыта (измерения и расчета), устанавливающую, насколько измеряемый (подсчитываемый) параметр отвечает действительному. Точность оценивается величинами погрешностей (систематических и случайных). По происхождению различаются следующие их виды [14]: личные, зависящие от физических особенностей наблюдателя; инструментальные, определяемые качеством измерительных приборов, их неисправностью; внешние, обусловленные влиянием на приборы внешней среды; методические; погрешности модели и классификации.

Меряни питания подземных вод являются инфильтрация I и коэффициент инфильтрации K . Для балансового участка инфильтрация рассчитывается обычно как разность между количеством эффективных осадков X (или запасов воды в снеге S перед началом снеготаяния), поверхностным стоком Y в замыкающем створе участка и испарением E за период снеготаяния, а коэффициент инфильтрации - как отношение величин инфильтрации и эффективных осадков:

$$I = X - Y - E, \quad K = \frac{I}{X}. \quad (1)$$

В концептуальной модели питания грунтовых вод, как отмечалось в [1], не учитываются процессы переноса в зоне аэрации. Это пренебрежение обуславливает грубейшую систематическую погрешность модели в оценках питания подземных вод, вызванную, с одной стороны, полнейшей неопределенностью в выборе величины эффективных осадков [1], а с другой - отсутствием каких-либо данных о поглощении влаги зоной аэрации водоносного горизонта или комплекса. Очевидно, что выявить и исключить ее, оставаясь в рамках балансово-гидромет-

рического метода, отражающего лишь одну особенность процесса питания, принципиально невозможно.

Другой важнейшей причиной низкой достоверности оценок питания подземных вод является то, что инфильтрация и коэффициент инфильтрации получаются путем расчетов, в которых используются величины измерений и вычислений, имеющие свои случайные погрешности. Погрешности такого рода в большинстве геолого-географических исследований оцениваются как предельные [8,18]. В документах на измерительные приборы, используемые в гидрогеологической практике, также указываются предельно допустимые случайные погрешности. Вероятность их фиксирована и весьма мала, тогда как часто возникает необходимость оценок погрешностей со значительно большими вероятностями. Поэтому в различных руководствах по метрологии рекомендуются вычисления случайных погрешностей, исходя из выражений для средних квадратичных отклонений характеристик и параметров, имеющих ясно выраженный вероятностный характер. Вместе с тем, как видно из модели (1), суммарные погрешности определения составляющих баланса могут превышать по абсолютной величине инфильтрацию, делая ее незначимой. Соответственно, чтобы судить в принципе о достоверности установленных значений инфильтрации и коэффициента инфильтрации необходимо оценить предельно допустимые погрешности всех составляющих баланса. В дальнейшем будем ориентироваться именно на предельные погрешности, полагая, что они гарантируют от занижения погрешности характеристик питания подземных вод и равны 4-5 средним квадратичным отклонениям [18].

Для иллюстрации точности расчетов воспользуемся конкретными опытными данными по балансовому участку на склоне сопки Букпа в Северном Казахстане, кочующими, как показательный и характерный пример оценки коэффициента инфильтрации атмосферных осадков, из публикации в публикацию [7,10 и др.]. На этом участке запасы влаги в снежном покрове и их потери при снеготаянии определялись по данным систематических снегомерных съемок. Сток

талых вод измерялся на стоковой площадке водосливом, а испарение - специальными снеговыми испарителями. Результаты измерений характеристик поверхностного и подземного стока, а также величины осадков X_1 , выпавших за период снеготаяния на участке, и испарения сведены в табл 1.

Таблица 1

Составляющие водного баланса на участке Букпа

| Составляющая баланса, мм | Г о д | | | | | | | Среднее |
|--------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|---------|
| | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | |
| S | 37,0 | 61,2 | 74,5 | 28,0 | 16,0 | 9,7 | 48,0 | 39,2 |
| Y | 12,9 | 9,2 | 17,7 | 16,8 | 8,0 | 3,9 | 13,0 | 11,6 |
| E | 10,0 | 24,5 | 25,3 | 5,6 | 3,2 | 3,4 | 19,2 | 13,0 |
| I | 14,0 | 27,5 | 32,0 | 5,6 | 4,8 | 2,4 | 15,8 | 14,6 |
| X_1 | 22,3 | 34,2 | 30,8 | 13,6 | 20,4 | 9,5 | 24,1 | 22,1 |

Попытаемся оценить случайные инструментальные и методические погрешности инфильтрации и коэффициента инфильтрации. Согласно [6], если задана дифференцируемая функция

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

и известны предельные абсолютные погрешности Δ_{x_i} ($i = 1, 2, \dots, n$) аргументов x_i , то

$$\Delta_y = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial y}{\partial x_i} \right| \Delta_{x_i} \quad (2)$$

Применив формулу (2) к выражениям (1), после несложных преобразований получим

$$\Delta_I = \Delta_x + \Delta_y + \Delta_E, \quad \Delta_K = \frac{\Delta_I}{X} + \frac{I \cdot \Delta_x}{X^2}, \quad (3)$$

где Δ_I , Δ_x , Δ_y , Δ_E и Δ_z - предельные абсолютные погрешности соответственно инфильтрации, эффективных атмосферных осадков, поверхностного стока, испарения и коэффициента инфильтрации.

Рассмотрим подробнее методические подходы к оценкам составляющих погрешностей инфильтрации и коэффициента инфильтрации в уравнениях (3). Из гидрометрии [2,17] известно, что относительная погрешность изменения расхода потока воды, в том числе и водосливами, составляет около 5%. Однако в нашем случае это не единственная составляющая вероятной погрешности поверхностного стока Δ_y . Так, в приведенной таблице сток дан в миллиметрах водного столба, т.е. оценен объем талых вод W , прошедший через стоковую площадку за весь период снеготаяния, и отнесен к площади водосбора на балансовом участке F : $Y = W/F$. Соответственно необходимо учесть еще и погрешности измеренной площади водосбора Δ_F и вычисленного объема поверхностного стока Δ_w .

Объем талых вод W можно представить как

$$W = \int_0^T [Q(t) \pm \Delta_Q] dt, \quad (4)$$

где $Q(t)$ - измеренное в момент времени t мгновенное значение расхода потока воды; Δ_Q - предельная абсолютная погрешность $Q(t)$; T - период снеготаяния. Отсюда следует, что для точного вычисления объема талых вод необходимо непрерывное измерение расхода Q . Однако на практике он измеряется дискретно, через определенные промежутки времени t_j . Поэтому вместо (4) используется уравнение

$$W = \sum_{j=1}^N [Q_j \pm \Delta_{Q_j}] t_j \pm \Delta'_w. \quad (5)$$

Здесь N - количество интервалов, на которые разбивается график $Q = f(t)$; $j = 1, 2, \dots, N$; Q_j - средний расход потока воды за интервал времени

t_j ; Δ'_w - погрешность на неполное подобие площади фигуры, ограниченной истинным графиком $Q(t)$ и полученным по ограниченному числу измерений.

К сожалению, в специальной литературе не удалось обнаружить нормативную величину абсолютной Δ'_w или относительной δ'_w погрешности W . Из курса гидрометрии известно только, что для сходной по постановке задачи относительная погрешность оценки живого сечения потока в способе "площадь-скорость" измерения расхода воды не превышает 3 % [2, 8, 17].

Вероятные случайные погрешности определения площади водосбора F , влияние их на выбор масштаба топографических карт, по которым она оценивается, подробно исследованы в работе [8]. С учетом выводов из этой работы условно примем предельную относительную погрешность площади водосбора (δ_F) равной 3 %.

Предельно допустимая относительная погрешность поверхностного стока δ_y вычисляется по формуле

$$\delta_y = \delta_w + \delta_F,$$

где $\delta_w = \delta_Q + \delta'_w$, а δ_Q - предельная относительная погрешность $Q(t)$. Для участка Букпа она составляет 11 %. Отсюда несложно рассчитать и Δ_y на каждый год наблюдений (табл. 2).

Перейдем к оценке абсолютных погрешностей Δ_S измерения запаса влаги в снеге перед началом снеготаяния. Предположим, что эффективные атмосферные осадки ограничиваются его величиной, т.е. $X = S$. На основе первичных измерений величина S , как известно [15], вычисляется по формуле

$$S = S_c + S_{cв} + S_b + S_k, \quad (6)$$

где S_c , $S_{cв}$, S_b и S_k - запас воды соответственно в слоях снега, ненасыщенного и насыщенного водой, слой талой воды и запас воды в ледяной корке, мм. Поскольку для детальной оценки погрешностей всех составляющих в (6) в упомянутых выше работах ис-

ходных данных явно не достает, несколько упростим постановку задачи. Положим S_c имеющим максимальную по порядку величины предельно допустимую относительную погрешность δ_{sc} . Тогда относительная погрешность запаса влаги в снежном покрове δ_s целиком будет определяться δ_{sc} [6]. Примем также, что запас воды в снежном покрове обусловлен только запасом влаги в ненасыщенном водой слое снега. В таком случае вместо полного выражения

$$S_c = 10\rho [h - (z_{св} + z_B)]$$

для запаса воды в этом слое [15] можно записать

$$S_c = 10\rho h, \quad (7)$$

где ρ - плотность снега, г/см³; h - средняя высота снежного покрова без ледяной корки, см; $z_{св}$ и z_B - соответственно средняя толщина слоя снега, насыщенного водой, и слоя талой воды, вычисленные по измерениям в точках определения плотности снежного покрова, см.

Таблица 2

Предельно допустимые погрешности составляющих водного баланса на участке Букпа

| Предельно допустимая погрешность, мм | Г о д | | | | | | | Среднее |
|--------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|---------|
| | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | |
| Δ_B | 4,1 | 4,8 | 5,2 | 3,9 | 3,7 | 3,2 | 4,5 | 4,2 |
| Δ_y | 1,4 | 1,0 | 1,9 | 1,8 | 0,9 | 0,4 | 1,5 | 1,3 |
| Δ_E | 0,6 | 1,1 | 1,1 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,9 | 0,7 |
| Δ_I | 6,1 | 6,9 | 8,2 | 6,1 | 4,9 | 3,9 | 6,9 | 6,1 |

Примем расчетное значение плотности снега $\rho = 0,25$ г/см³. Тогда расчетная высота слоя снега h (см) перед началом снеготаяния на балансовом

участке окажется следующей: 15 (1952 г.), 25 (1953 г.), 30 (1954 г.), 11 (1955 г.), 6 (1956 г.), 4 (1957 г.) и 19 (1958 г.).

Плотность снега при снегомерной съемке измеряется весовым снегомером ВС-43. Высоту пробы снега отсчитывают по шкале весового цилиндра с точностью до 1 см. Предельно допустимая погрешность взвешивания пробы снега составляет $\pm 2,5$ г [15]. Площадь поперечного сечения цилиндра $F_{\text{вс}} = 50 \text{ см}^2$, а его диаметр равен $80 \pm 0,2$ мм [16]. Поскольку вероятная погрешность диаметра цилиндра мала, предельная относительная погрешность площади сечения цилиндра $\delta_{F_{\text{вс}}}$ не превышает 0,5%. В дальнейшем ее в расчетах учитывать не будем.

Плотность снега на основе измеренных величин рассчитывается по формуле

$$\rho = \frac{m}{F_{\text{вс}} h}, \quad (8)$$

где m - измеренная масса пробы снега, г. Расчетные значения m с учетом полученных выше значений высоты снега h и принятой плотности снега ρ равны: 185 (1952 г.), 310 (1953 г.), 375 (1954 г.), 140 (1955 г.), 75 (1956 г.), 50 (1957 г.) и 240 (1958 г.).

Теперь имеются все необходимые данные для оценки предельных погрешностей запаса воды в снежном покрове. Последние, как следует из (2), (6), (7) и принятой последовательности расчетов, определяются по формуле

$$\delta_s = \delta_m + 2\delta_h,$$

где δ_m и δ_h - соответственно предельно допустимые относительные погрешности массы и высоты пробы снега. В величине δ_s , как и в предыдущем случае, учтена трехпроцентная погрешность, обусловленная осреднением запаса воды в снежном покрове по площади водосбора на балансовом участке. Полученные погрешности δ_s в целом хорошо согласуются с оцен-

ками, приведенными в [3,4].

По полученным таким путем значениям δ_B были произведены пересчеты их в абсолютные погрешности Δ_B на каждый год наблюдения. Последние представлены в табл. 2.

Большое внимание экспериментальному изучению испарения (возгонки) снега на территории Казахстана уделялось в 50-60-е годы. Результаты его измерений и обобщения для различных регионов можно найти в многочисленных публикациях. В это же время разработано приборное и методическое обеспечение подобных экспериментов. В 50-е годы широко применялся цилиндрический испаритель с площадью поперечного сечения $F_H = 100 \text{ см}^2$ и высотой 6 см [13]. Взвешивание испарителя производилось с точностью до 0,1 г при продолжительности опыта $t > 12 \text{ ч}$ и с точностью до 0,02 г при $t < 12 \text{ ч}$. В связи с подтаиванием снежных монолитов в испарителях сиена последних в период снеготаяния осуществлялась не два раза (в 7 и 19 ч), как обычно, а несколько раз в сутки.

Высота слоя испарившейся влаги в одном замере (E , мм) вычисляется из уравнения

$$E = \frac{10(m_1 - m_2)}{F_H \cdot \rho_B}, \quad (9)$$

где m_1 и m_2 - масса испарителя со снежным монолитом соответственно в начале и в конце опыта; ρ_B - плотность воды ($\rho_B = 1,0 \text{ г/см}^3$). Применяв формулу (2) к выражению (9), после несложных преобразований получаем

$$\Delta_E = \frac{10 \cdot (\Delta_{m1} + \Delta_{m2})}{F_H \cdot \rho_B} + \frac{10(m_1 - m_2)\Delta_{F_H}}{F_H^2 \cdot \rho_B}. \quad (10)$$

Здесь вследствие более высокого порядка малости опущено слагаемое, содержащее Δ_{ρ_B} .

В литературных источниках, содержащих анализируемый водный баланс на участке Букпа, не дос-

тает исходного первичного материала для оценки ряда членов уравнения (10). В связи с этим введем некоторые упрощения. Так, известно, что в Северном Казахстане снег стает в среднем за 13-20 суток [5]. В первом приближении продолжительность снеготаяния за все годы наблюдений будем считать одинаковой и равной 15 суток, в том числе при отрицательной дневной температуре воздуха под влиянием солнечной радиации - 10 суток. Допустим также, что в начальный период снеготаяния (первые 10 суток) смена испарителя производилась дважды днем и один раз ночью, а в оставшиеся 5 суток - соответственно 3 и 2 раза. За расчетный суточный слой испарения снега примем его среднюю ежегодную величину за период снеготаяния, см: 0,67 (1952 г.), 1,63 (1953 г.), 1,69 (1954 г.), 0,37 (1955 г.), 0,21 (1956 г.), 0,23 (1957 г.) и 1,28 (1958 г.).

Учитывая, что испарение с поверхности снега происходит преимущественно в светлое время суток [9,12], для испарителей, устанавливаемых на ночь, $m_1 - m_2 = 0$. Для дневных испарителей принимаем разность $m_1 - m_2$ пропорциональной испарению E , равномерно распределенному по испарителям. Тогда для одного замера слой испарения (в сантиметрах) на балансовом участке в первые 10 и в последние 5 суток составит соответственно 0,34 и 0,22 (1952 г.), 0,82 и 0,54 (1953 г.), 0,85 и 0,56 (1954 г.), 0,19 и 0,12 (1955 г.), 0,11 и 0,07 (1956 г.), 0,12 и 0,08 (1957 г.), 0,64 и 0,43 (1958 г.). Этим значениям будут соответствовать следующие величины $m_1 - m_2$ в граммах на один замер: 3,4 и 2,2 (1952 г.), 8,2 и 5,4 (1953 г.), 8,5 и 5,6 (1954 г.), 1,9 и 1,2 (1955 г.), 1,1 и 0,7 (1956 г.), 1,2 и 0,8 (1957 г.), 6,4 и 4,3 (1958 г.).

Нетрудно видеть, что предельная погрешность площади испарителя

$$\Delta_{F_{\text{и}}} = 2\pi R \Delta_R,$$

где R - радиус цилиндра испарителя, см; Δ_R - погрешность определения радиуса, см. Положив $\Delta_R = 0,1$

си, получаем $\Delta_{гн} = 3,5 \text{ см}^2$.

Теперь имеются все необходимые параметры для приближенных оценок $\Delta_{г}$. Они сведены в табл. 2.

Окончательным результатом анализа точности определения составляющих баланса на участке Букпа является установление погрешностей инфильтрации Δ_I . Эти погрешности, рассчитанные по уравнению (3), также сведены в табл. 2. Сопоставление их с инфильтрацией показывает, например, что в маловодный период (1955-1957 гг.) ее величины не значимы, поскольку $\Delta_I > I$. В таком случае вообще невозможно ничего говорить о питании подземных вод.

Оценка предельных погрешностей коэффициента инфильтрации атмосферных осадков приводит к еще худшим результатам из (3) следует

$$\delta_k = \delta_I + \delta_n,$$

откуда δ_k (%): 54,7 (1952 г.), 32,9 (1953 г.), 32,6 (1954 г.), 122,9 (1955 г.), 125,2 (1956 г.), 195,5 (1957 г.) и 53,1 (1958 г.).

Приведенная здесь оценка точности определения мер питания подземных вод вследствие отсутствия в упомянутых публикациях первичного материала и результатов его изучения с точки зрения погрешностей установленных составляющих баланса носит приближенный характер. Вместе с тем, она дает представление о точности балансовых исследований в целом.

Таким образом, как уже отмечалось в [1], балансово-гидрометрический метод не обеспечивает строгого и единообразного подхода к оценкам естественных ресурсов подземных вод. Это связано с тем, что водный баланс выделенного участка водоносного пласта рассматривается на поверхности земли вне связи с гидрогеологическими процессами, действительно протекающими в пласте и в зоне аэрации. Неопределенной и ничем не обоснованной является величина эффективных атмосферных осадков, которую необходимо выбрать при расчетах инфильтрации этим методом. В [1] было показано, напри-

мер, что в одних случаях принимается $X = S$, а в других $X = S + X_1$. При существующей тенденции к постоянному пересмотру естественных запасов и ресурсов подземных вод, как правило, с целью их увеличения, эффективные осадки естественно произвольно завышаются.

Низка достоверность результатов балансовых исследований и вследствие значительных случайных погрешностей в измерениях и вычислениях отдельных составляющих водного баланса. Поэтому при оценках естественных ресурсов подземных вод следует избегать применения балансово-гидрометрического метода. Во всяком случае нельзя применять балансовое уравнение для определения инфильтрации. Ее величина должна находиться независимыми методами, а баланс может использоваться только для контрольных расчетов с целью увязки его составляющих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бураков М.М. О достоверности оценок питания подземных вод в Центральном Казахстане балансово-гидрометрическим методом // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 4. - С.18-30.
2. Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. - 448 с.
3. Вершинина Л.К., Белова Л.Б. Оценка погрешностей определения характеристик снежного покрова в северо-восточных районах ЕТС // Тр. ГГИ. - 1979. - Вып. 259. - С. 113-121.
4. Вершинина Л.К., Леонова Н.Е. Оценка ошибок интерполяции и осреднения по площади запасов влаги в почве // Тр. ГГИ. - 1979. - Вып. 259. - С. 129-141.
5. Гидрогеология СССР. - Т. XXXIII. Северный Казахстан. - М.: Недра, 1966. - 364 с.
6. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. - М.: Наука, 1970. - 664 с.
7. Жапарханов С.Ж., Кунанбаев С.Б., Масалин И.М. Месторождение Василькоаское // Гидрогеология горнорудных объектов Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1980. - С. 5-26

8. Железняков Г.В., Данилевич Б.Б. Точность гидрологических измерений и расчетов. - Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 240 с.
9. Завьялова Ю.П., Прохоров И.И. Испарение снега в условиях Северного Казахстана // Тр. КазНИГМИ. - 1960. - Вып. 15. - С. 124-136.
10. Казбеков А.К. Формирование подземных вод в пределах Кокчетавской низкогорной и мелкосопочной возвышенности // Изв. АН КазССР. - Сер. геол. - 1986. - N 1. - С. 45-52.
11. Калужный И.Л., Павлова К.К. Формирование потерь талого стока. - Л.: Гидрометеиздат, 1981. - 160 с.
12. Кузнецов В.И. Испарение со снежного покрова // Тр. ГГИ. - 1964. - Вып. 109. - С. 3-56.
13. Кузьмин П.П. К методике исследования и расчета испарения с поверхности снежного покрова // Тр. ГГИ. - 1953. - Вып. 41(95). - С. 34-52.
14. Мудров В.И., Кушко В.Л. Методы обработки измерений. (Квазиправдоподобные оценки). - М.: Советское радио, 1976. - 192 с.
15. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. - Вып.3. - Ч. 1. Метеорологические наблюдения на станциях. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 301 с.
16. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. - Вып. 10. Инспекция гидрометеорологических станций и постов. - Ч. 1. Инспекция метеорологических наблюдений на станциях. - Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 240 с.
17. Орлова В.В. Гидрометрия. - Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 460 с.
18. Оценка точности определения водопроницаемости горных пород / Н.И.Ильин, С.Н.Чернышев, Е.С.Дзекцер и др. - М.: Наука, 1971. - 151 с.

Институт гидрогеологии
и гидрофизики МНАН РК

ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫНЫҢ КӨРЕКТЕНУІН БАЛАНСТЫ-
ГИДРОМЕТРЛІК ӨДІСПЕН БАҒАЛАУДЫҢ КЕЗДЕЙСӨК
ҚАТЕЛІКТЕРІ ЖАЙЫНДА

Бураков М.М.

Солғустік Қазақстандағы Бұхле шоқысының баурайындағы баланстық тегінің мысалында жерасты суларының көректенуін балансты-гидрометрлік әдіспен бағалаудың кездейсөк қателіктері зерттеледі. Бұл сияқты бағалаудың дұрыстығы көрсетілген. Жерге сіңу өлшемдерінің кездейсөк аспаптық және әдістемелік қателіктері 200% жетуі мүмкін.

УДК 551.311.21:624

**К ПРОБЛЕМЕ ПРОГНОЗА ОПАСНЫХ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ**

Канд. техн. наук Б.С. Степанов

Обсуждаются проблемы прогнозирования селей сейсмического, дождевого и гляциального генезисов, вопросы оценки оправданности прогнозов селей явлений.

Жизнь человека протекает в условиях, в той или иной мере носящих враждебный характер. Действительно, солнце грозит ультрафиолетовыми ожогами и перегреванием, прохладный ветерок - простудой, в теплом и спокойном море можно утонуть, а пушистый глубокий снег, идеальный для горнолыжных прогулок, может обернуться лавиной; печальная статистика происшествий на улицах городов свидетельствует о том, что общественный и личный транспорт - не только благо, и таких примеров можно привести много.

Приспособление к окружающей среде, начинающееся с первых движений ребенка, продолжается в течение жизни человека, а накопленный опыт передается следующим поколениям. В своем большинстве люди не собирают неизвестные им грибы и ягоды, не переходят дорогу перед близко идущим транспортом, соблюдают гигиену приготовления и приема пищи и т.д., хотя это уменьшает "валовый" сбор ягод, приводит к "лишним" затратам времени, увеличивает трудоемкость операций, обеспечивающих элементарное функционирование человеческого организма.

Учитывая сказанное, нетрудно прийти к выводу, что образ жизни человека - сплав огромного числа интуитивных прогнозов и адекватных им реакций, позволяющих человечеству существовать на протяжении многих тысячелетий в непрерывно изменяющемся мире. Если человек попадает в ситуации, значительно отличающиеся от обыденных, нормальное его существование возможно лишь при соблюдении правил, именуемых обычно правилами техники безопасности. Выполнение обсуждаемых правил устраняет необходимость составления огромного числа тривиальных прогнозов, эффективность которых, с учетом их непрерывного повторения, исключительно низка, т.к. по своей сути они не являются руководством к действию.

Наибольшее разнообразие катастрофических явлений присуще горным районам. Катастрофой (опасным явлением) обычно называют любое изменение окружающей среды, угрожающее жизни людей или отрицательно влияющее на их жизнедеятельность. Жизнь и деятельность человека в горах ставятся под угрозу оползнями, обвалами и камнепадами, ледниковыми катастрофами, лавинами и селями и т.д. Многообразие и многофакторность опасных природных явлений делают практически нереальным их всеобъемлющее прогнозирование во времени и пространстве. Поэтому одной из актуальнейших задач предсказания является определение минимальных пороговых значений характеристик явлений, превышение которых в ходе природных процессов приводит к потерям, превышающим затраты на прогнозирование.

Значительной доли опасностей в горах можно избежать, выполняя элементарные правила поведения в тех или иных ситуациях. Разработка правил поведения, их активная пропаганда среди населения, контроль за выполнением правил со стороны административных органов являются эффективным способом использования средств, выделяемых на борьбу с опасными явлениями в этих регионах.

Реализация вышеперечисленных мероприятий позволяет резко ограничить круг прогнозируемых явлений и, тем самым, сконцентрировать силы и

средства для их решения. Появляются предпосылки и для более объективной оценки степени оправданности прогноза опасных явлений.

В соответствии с предлагаемой концепцией прогнозу подлежат лишь явления таких масштабов, при которых соблюдение правил безопасности не сводит риск к приемлемому минимуму, а научно-исследовательские работы, целью которых является снижение ущерба, наносимого стихийными явлениями, можно объединить в две категории.

1. Исследования, конечной целью которых является разработка (усовершенствование) правил техники безопасности, способов их пропаганды среди населения и методов контроля за выполнением правил поведения, обеспечивающих гармоничное сочетание природных процессов с жизнедеятельностью человека.

2. Исследования с целью прогноза стихийных явлений, масштабы которых, даже при соблюдении правил техники безопасности, не обеспечивают нормального функционирования хозяйственных объектов и ставят под угрозу здоровье и жизнь людей.

Практическим выходом работ, объединяемых первой категорией, может быть текст плакатов, устанавливаемых на опасных маршрутах движения, например: "Селеопасная зона! Пребывание в русле реки опасно для жизни. Сели формируются вне зависимости от погодных условий. Скорость движения селей 10 - 15 м/с (36-50 км/ч). Уровень заполнения русла селем над уровнем реки 15-20 метров".

Другими формами пропаганды безопасного пребывания в предгорной и горной зонах могут быть беседы по радио и на телевидении, специальные занятия в детских садах и школах, институтах и т.д., информационные ролики на телевидении, сообщения с воздухоплавательных аппаратов и т.п.

Объектами прогноза, объединяемыми второй категорией, могут быть стихийные явления, масштабы которых способны принести ущерб объектам, находящимся в зонах воздействия стихий: водозаборам оросительных систем, водопроводов и электростан-

ций, линиям передачи электроэнергии и связи, дорогам и мостам, строениям культурно-оздоровительного и производственного назначения, а также здоровью и жизни людей, выполняющих правила поведения в горах, чье внимание ослаблено дезинформацией, выражающейся в наличии объектов народно-хозяйственного назначения, функционирующих в зонах, подверженных воздействию стихийных явлений.

О низком уровне знания правил техники безопасности, навыков и культуры поведения в опасных ситуациях свидетельствуют следующие факты. За последние 20 лет в Заилийском Алатау от лавин погибло 42 человека, из них 37 были альпинистами, туристами, лыжниками... Абсолютное большинство несчастных случаев произошло в лавиноопасные периоды, о сроках наступления которых было объявлено по радио и телевидению [1]. Во время Иссыкской катастрофы 1963 года погибли десятки человек, отдыхавшие на селевых полях выноса, примыкающих к южной оконечности озера.

Часто трагические последствия опасных явлений обусловлены строительством и эксплуатацией объектов хозяйственного назначения в зонах, подверженных воздействию лавин и селей. Так, во время селя 1973 года погибла группа туристов базы "Горельник", находившаяся в помещении склада, сооруженного на террасе р.Малая Алматинка, погибли люди в жилых и производственных помещениях турбазы, располагавшихся в верхнем бьефе сквозного селезащитного сооружения "Горельник".

Если своевременно не будут приняты меры, подобная участь ожидает обитателей гостиницы "Медео", расположенной на пути движения селей р.Кимасар. Далеко не всегда характеристики селезащитных объектов адекватны реальной опасности, что угрожает существованию некоторых районных центров Казахстана.

Из сказанного следует, что до тех пор, пока угроза селевой опасности не будет ликвидирована, прогнозирование селей жизненно необходимо. Для населения северного склона Заилийского Алатау акту-

ально прогнозирование селей дождевого, гляциального и сейсмического генезисов.

Прогнозирование селей сейсмического генезиса должно вестись по двум направлениям: пространственному и временному. Известно, что землетрясение 1887 года породило массовые оползни, трансформировавшиеся в селевые потоки в средне- и низкогорных зонах центральной части Заилийского Алатау. Суммарный объем селей составлял десятки млн.м³. Землетрясение 1911 года хотя и было мощным, не привело к формированию значительных по объему селей, что объясняется, скорее всего, тем, что наиболее обводненные и недостаточно устойчивые массивы рыхлообломочных пород приняли участие в оползневых процессах 1887 года.

С того времени ситуация изменилась коренным образом. В последние десятилетия интенсивно осваиваются низкогорная и среднегорная зоны под сады и огороды, ведется строительство дач, дорог, водопроводов и т.д. Рельеф зоны освоения сформировался в условиях увлажнения, недостаточного для нормального развития садово-огородных культур, поэтому даже относительно небольшое переувлажнение грунтов, представленных, в основном, пролювиальными и лессовыми отложениями, при поливе насаждений может привести к нарушению устойчивости грунтовых массивов, их сдвигу и трансформации оползней в селевые потоки. В районе Алматы за последние годы оползание дачных участков исчисляется десятками, имеются человеческие жертвы. Вышесказанное происходит в спокойной сейсмической обстановке.

Опыт Гиссарского землетрясения 1989 года, когда 6-7 балльное землетрясение привело к разжижению искусственно орошаемых грунтов на площади в несколько сотен гектаров, трансформации оползней в сели, разрушившие два селения и унесшие жизни десятков людей, позволяет представить масштабы катастрофы, которая может произойти во вновь осваиваемых зонах Заилийского Алатау. Даже при 6-7 балльном землетрясении произойдет массовое опол-

зание склонов, при этом будут разрушены многие тысячи жилых строений, а число жертв может достигнуть десятков тысяч.

Предотвратить катастрофу, если для этого еще осталось время, может лишь безотлагательная разработка методов безопасного хозяйствования, включающих в себя определение наиболее благоприятного сочетания сельскохозяйственных культур, нормы их полива, создание дренажных и анкерных систем, методов контроля состояния устойчивости потенциально опасных массивов и других защитных мероприятий.

Прогнозирование селей сейсмического генезиса во времени полностью определяется успехами в прогнозировании землетрясений.

Завершение "Малого ледникового периода" в середине прошлого столетия и дальнейшее потепление климата в первой половине XX столетия привели к значительной деградации оледенения Заилийского Алатау. Увеличение абляции ледников создало предпосылки для формирования поверхностных и внутриморенных водоемов, катастрофические прорывы которых приводят к образованию мощных селей. Сели 1958, 1963 и 1977 гг. на р.Иссык, 1956 и 1973 гг. на р.Малая Алматинка, 1975 и 1977 гг. на р.Большая Алматинка и др. стимулировали проведение исследований, направленных на разработку методов прогноза селей гляциального генезиса. Однако очень скоро стало ясно, что имеющейся информации о характеристиках моренно-ледниковых комплексов совершенно недостаточно для описания динамики развития прорывоопасных водоемов, а тем более внутриморенных каналов стока. Отсутствовала и перспектива получения таких данных.

Тем не менее, был разработан ряд методов прогноза селей гляциального генезиса, базирующихся на стандартной информации, получаемой сетевыми подразделениями Казгидромета. Наиболее известным из них, использующимся в практике Казселезащиты на протяжении более 10 лет, является фоновый прогноз гляциальных селей, реализованный в прог-

рамме опознавания образов "ПОИСК" [5]. Прогноз выдается ежесуточно одновременно для всех ледниковых рек Заилийского Алатау в период с 26 июня по 31 августа. Для выпуска прогноза необходимо подготовить следующие данные. По станции Мынжилки: среднесуточную температуру воздуха, в $^{\circ}\text{C}$; среднюю температуру воздуха за предшествующую декаду перед датой выпуска прогноза, в $^{\circ}\text{C}$; сумму осадков за предшествующую декаду, в мм; среднюю продолжительность солнечного сияния за предшествующую декаду, в час; число суток с атмосферной засухой за месяц перед датой выпуска прогноза, для чего следует использовать критерий по 12-часовой температуре и относительной влажности воздуха; среднюю температуру воздуха с 1 мая по 25 июня, в $^{\circ}\text{C}$; сумму осадков за октябрь-май, в мм; среднюю температуру воздуха за июль-август предыдущего года, в $^{\circ}\text{C}$; среднюю температуру воздуха за июль-август пяти предыдущих лет, в $^{\circ}\text{C}$. Кроме того, среднюю высоту нулевой изотермы в свободной атмосфере за предшествующую декаду по ГМО Алматы, в км; средний расход воды по р.Озерной за предшествующую декаду, в $\text{м}^3/\text{с}$.

Если значение меры сходства $P(A, X)$ превышает пороговое значение, объявляется селевая опасность. Авторские испытания показали, что оптимальное значение $P(A, X)$ равно 0,33; при этом прогноз селеопасных ситуаций оправдывается на 92,3 %, неселевых ситуаций - на 93,6 %.

Сравнение прогнозируемых ситуаций с реально наблюдаемыми, выполненное авторами обсуждаемой работы, показало, что за период 1961-1979 гг. разработанная методика дает в среднем за селеопасный сезон (67 суток) 4-5 ложных тревог для крупных селей и 6-7 ложных тревог для мелких селей; это позволяет сократить период гляциальной опасности в 3,5-5 раз, если принять продолжительность периода гляциальной селевой опасности в Заилийском Алатау равной 40-50 суткам.

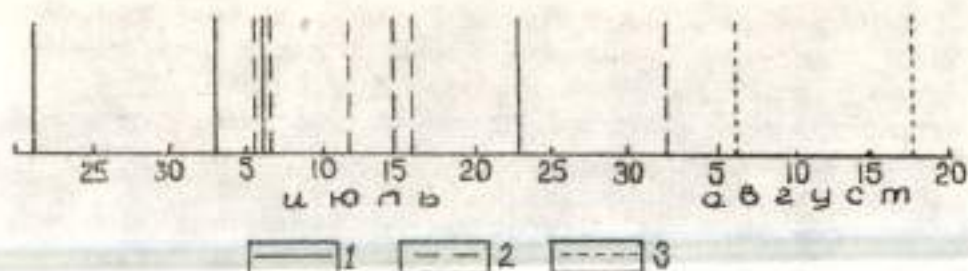
Реальную эффективность фонового прогноза гляциальных селей, осуществляемого с помощью

программы " ПОИСК", можно оценить, принимая во внимание фактические данные. Селевые процессы, приносящие ощутимый ущерб и представляющие угрозу даже при соблюдении населением правил техники безопасности, случаются, в среднем, один раз в четыре года, причем в пяти бассейнах из 10 сели гляциального генезиса не формировались, судя по всему, несколько столетий. Нетрудно прийти к выводу, что фоновый прогноз, распространяемый на весь регион, вряд ли серьезно воспринимается потребителями. Реакция же административных органов сводится к организации блок-постов, препятствующих отдыху рядовых граждан в горах в летнее время.

Изучение условий формирования озер и емкостей моренно-ледниковых комплексов показало, что решающими факторами, определяющими начало их катастрофического опорожнения, являются строение и состояние озерных перемычек, внутриморенных и внутриледниковых каналов стока. Поэтому методы прогноза гляциальных селей, в которых в качестве предикторов не используется информация о состоянии заполнения котловин, озер и внутриледниковых емкостей, а также о состоянии каналов стока, в принципе малоэффективны. Однако получение такой информации технически сложно и требует больших затрат времени и средств.

Анализ явлений, приведших к образованию наиболее крупных селей XX столетия на северном склоне Заилийского Алатау, показал (рис.), что начальная фаза селеопасного периода характеризуется прорывом каровых озер, средняя - опорожением моренных и приледниковых озер, и конечная - внутриледниковых емкостей.

Учет вышесказанного позволяет сократить объемы наблюдений, необходимых для надежного прогнозирования селеопасных ситуаций.



Даты формирования мощных селей на северном склоне Зайлийского Алатау.

1 - прорыв каровых озер, 2 - прорыв поверхностных водоемов, 3 - прорыв внутриледниковых водоемов.

Наиболее просто решается вопрос о прогнозировании прорыва озер карового типа. Озера образуются в результате заполнения каровых котловин тальными водами. Обычно котловины водой не заполняются, т.к. талые воды дренируются внутриморенными каналами стока. Заполнение каровых котловин происходит при закупорке внутриморенных каналов стока в осенне-зимний период. Событие это достаточно редкое, в среднем каждая из котловин заполняется один раз в несколько десятилетий. Поэтому заполнение котловины - сигнал опасности, реализация которой неизбежна. Типичный промежуток времени между началом заполнения котловины водой и открытием канала стока - от 3 до 7 суток, в очень редких случаях - до месяца, как это имело место в бассейне р.Каскелен в 1980 году.

Прорывоопасность озер приледникового и ледникового типов наступает на 10-15 суток позже, нежели озер карового типа, т.к. образование первых связано с таянием снежного покрова ледников и, в незначительной мере, собственно ледников. Очень часто опорожнение обсуждаемых озер происходит по внутриморенным каналам стока (Жарсай 1958, 1963, 1977 гг.; Средний Талгар 1973, 1974 гг.). Прорыв озера в бассейне р.Кумбель в 1977 году произошел в начале августа, однако следует иметь ввиду, что катастрофа произошла в период проведения работ по искусственному опорожнению озера.

Опорожнение внутрiledниковых водоемов происходит в августе, связано это с большой инерционностью процессов теплового разрушения пробок во внутриморенных и внутрiledниковых каналах стока, обусловленной низкой температурой талых вод и слабым теплообменом льда и воды с атмосферой.

Таким образом, существует определенная закономерность опорожнения водоемов моренно-ледниковых комплексов во времени. Однако то обстоятельство, что вероятность заполнения и катастрофического прорыва той или иной емкости в конкретном году не превышает первых процентов, позволяет сделать вывод о том, что причины образования гляциальных селей в Заилийском Алатау связаны не с "...кратковременными аномальными повышениями температуры, длительными периодами теплой, но не засушливой погоды, с условиями осенне-зимнего снегонакопления или высокими весенними температурами, с гидрометеорологическими условиями предшествующих селеопасных сезонов и т.д." [5], а с аномалиями или закономерностями развития путей стока из емкостей моренно-ледниковых комплексов. Несомненно, гидрометеорологические факторы также играют определенную роль в жизни селеопасных водоемов, но они носят подчиненный характер.

Сели дождевого генезиса вызываются ливневыми осадками, интенсивность и слой которых превышают критические значения. Небольшие по расходным характеристикам сели формируются в Заилийском Алатау в среднегорной зоне. Наиболее известными очагами рассредоточенного селеобразования среднегорной зоны являются Кокчека (бассейн р. Большая Алматинка) и Акжар (бассейн р. Аксай). Сели формируются в ходе выпадения дождей, максимальные расходы не превышают первых десятков м³/с. Ущерб, наносимый этими селями, невелик и складывается, в основном, из затрат на расчистку дорог от селевой массы. Отложение или распад селевых смесей происходит в руслах рек и прилегающих к ним в среднегорной зоне конусах выноса.

Мощные сели дождевого генезиса в Заилийском Алатау образуются при выпадении ливней в высотной зоне 3000-4000 м над уровнем моря. К этой зоне приурочены скальные и ледяные водосборы, обладающие коэффициентом стока, близким к единице, крутопадающие склоновые отложения, представленные несцементированными рыхлообломочными породами, осыпи, морены и т.д. Площади водосборов относительно невелики, однако провальная фильтрация рыхлообломочных пород и подземные каналы стока способствуют аккумуляции воды в грунтах, создавая условия для реализации цепных селевых процессов [4].

Образование наносов в высокогорной зоне намного превышает их вынос на относительно более низкие уровни накопления. Поэтому главным фактором селеобразования является водная составляющая. Ливни с интенсивностью и слоем, достаточным для формирования селей, в высокогорной зоне в течение теплого периода выпадают несколько раз. Однако мощные сели образуются лишь один раз в несколько десятилетий. Объясняется это тем, что осадки, как правило, выпадают в твердом виде.

Для достоверного прогноза селей дождевого генезиса необходим надежный прогноз интенсивности и продолжительности осадков. Существующая оправданность прогнозов ливней в высокогорной зоне приводит к большому числу неоправдавшихся прогнозов селевых явлений. Мощным подспорьем для прогноза селей может служить прогноз фазового состояния ливней, т.к. не менее 90-95 % таких осадков в зонах высокогорных очагов селеобразования в летний период выпадает в виде града, снежной крупы и снега. Таяние твердых осадков происходит относительно медленно, поэтому сток, растягиваясь во времени, имеет характеристики, не превышающие критические значения.

Прогноз селевых явлений имеет большое социально-экономическое значение. Достоверный прогноз позволяет сохранить жизнь людей, а также то имущество, которое целесообразно эвакуировать из зоны воздействия селей. К серьезным последствиям

приводят и неудавшиеся прогнозы: теряется, вплоть до полного невосприятия, доверие к прогнозам. Люди лишаются активного отдыха, т.к. административным путем перекрывается доступ в наиболее благоприятные рекреационные зоны, автобусные парки - существенных доходов от перевозки горожан; уменьшается число рабочих мест в системе общественного питания и торговли, не загружаются гостиницы, туристские базы и т.д.

Важными элементами системы прогнозирования являются эффективность прогнозов и их заблаговременность. В общем случае под заблаговременностью понимают промежуток времени от даты выпуска прогноза до даты осуществления предсказываемого явления. При прогнозировании селей минимально необходимая заблаговременность определяется суммарным временем, необходимым для доведения прогноза до директивных органов, передачи последними сигналов опасности в зоны прогнозируемого явления, эвакуации движимого имущества и людей из опасной зоны.

При современной технике связи и транспортных средств, четкой организации действий в экстремальных ситуациях, а также расстояниях, отдаляющих опасные зоны от безопасных в условиях, характерных для северного склона Заилийского Алатау, минимальная заблаговременность может колебаться от первых десятков минут до первых часов, т.е. реально сверхкраткосрочное прогнозирование селевых явлений. Наиболее слабым звеном в цепи прогнозирования селей дождевого генезиса является прогноз интенсивности и продолжительности жидких осадков. Уменьшение заблаговременности прогноза селей до 3-6 часов позволяет использовать оперативную информацию о метеорологической ситуации в ближних зонах точек прогнозирования (метеостанции, радиолокационные данные), что увеличит оправдываемость прогнозов осадков, в целом доверие к прогнозам селевых явлений. Наибольшее распространение среди прогнозов селевых явлений получили альтернативные прогнозы. Известно, что для оценки эффективности упомянутых прогнозов необходимо

знать матрицы потерь потребителя и сопряженные матрицы [2].

При стратегии доверия прогнозу математическое ожидание потерь потребителя

$$R = P_{11} S_{11} + P_{12} S_{12} + P_{21} S_{21},$$

где P_{11} - вероятность того, что сель предсказывался и наблюдался; S_{11} - эффективность, соответствующая P_{11} ; P_{12} - вероятность того, что прогноз селя не оправдался, затраты оказались излишними; S_{12} - затраты, соответствующие P_{12} ; P_{21} - вероятность того, что прогноз "без явления" не оправдался, нанесен ущерб; S_{21} - затраты, соответствующие P_{21} .

Прогноз экономически целесообразен, если

$$P_{12} < \frac{P_{21} S_{21}}{S_{12}}.$$

В некоторых случаях, например при прогнозе селеопасности для бассейна р.Малая Алматинка выше створа плотина "Медео", упомянутая величина может на порядок превосходить значение, которое разграничивает прогнозы на удовлетворительные и неудовлетворительные в методике, изложенной в [3].

Таким образом, прогнозирование опасных явлений требует оптимального сочетания адресности, заблаговременности и экономической эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников Е.И., Подстречный А.Н. В плену у снежных лавин // Человек и стихия. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - С. 123-125.
2. Монокрович Э.И. Гидрометеорологическая информация в народном хозяйстве. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 175 с.
3. Руководящий документ. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) ис-

пытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов. РД 52.27.284-91 - СПб.: Гидрометеониздат, 1991. - 150 с.

4. Степанова Т.С. Цепной селевой процесс и образование очагов // Селевые потоки. - 1989. - Сб.11. - С. 43-48.
5. Токмагамбетов Г.А., Ерасов Н.В. Расчет и прогноз распределения и режима горных ледников. - Алма-Ата: Наука, 1985. - 160 с.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

ҚАУІПТІ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ
ҚҰБЫЛЫСТАР БОЛЖАМЫ ПРОБЛЕМАСЫНА

Техн. ф. канд. Б.С. Степанов

Сейсмикалық, өсерлі және гляциальді генезистік селдерді болжаудың проблемалары, сел құбылыстарын болжаудың айқындылық мәселелері талданады.

УДК 551.435.172 (28)

**ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ
КОНУСОВ ВЫНОСА ГОРНЫХ РЕК**

Р.К.Яфязова

Описаны механизмы формирования конусов выноса речных и селевых потоков при отложении рыхлообломочного материала. Показано, что очертания и рельеф конусов выноса позволяют определить их генезис.

Конусы выноса основных рек северного склона Заилийского Алатау сложены пролювиальными (селевыми) и аллювиальными отложениями. Верхние и средние части конусов выноса представлены, в основном, селевыми отложениями; в нижней части конусов выноса роль аллювиальных отложений становится более заметной.

Известно, что формирование аллювиальных конусов выноса обусловлено отложениями наносов горных рек. Механизм образования аллювиального конуса выноса характеризуется сложными процессами формирования рукавов русла, отложения и переотложения наносов. Это обстоятельство осложняет математическое описание процессов конусообразования. Отсутствие строгой теории образования аллювиальных конусов выноса не позволяет сформулировать критерии подобия, необходимые для моделирования этого процесса с целью получения его количественных характеристик [1].

Наблюдения за формированием аллювиальных конусов выноса показали, что физические явления, определяющие конусообразование, не имеют каких-либо принципиальных различий в широком диапазоне изменения количественных характеристик определяющих факторов. Это позволяет утверждать, что механизмы процесса формирования конусов выноса,

потоками с относительно малыми расходами воды, могут быть перенесены на объекты, характеризующиеся большими по величине расходами воды и размерами наносов.

Значительно проще моделирование формирования конусов выноса, образуемых плотными селями. Уравнение предельного равновесия пластической среды, находящейся на наклонной плоскости, записывается в следующем виде [5]:

$$\Pi + Z \left(\frac{dz}{dX} - 1 \right) = 0, \quad (1)$$

где $\Pi = \frac{\tau_0}{\rho_0 g z_0 \sin \alpha}$; $Z = \frac{z}{z_0}$; $X = \frac{x \operatorname{tg} \alpha}{z_0}$;

τ_0 - предельное напряжение сдвига селевой смеси, Н/м²; ρ_0 - плотность селевой смеси, кг/м³; g - ускорение свободного падения, м/с²; z_0 - глубина потока, м; x, z - координаты поверхности селевой смеси; α - угол наклона конуса выноса.

Значения Π, Z, X являются критериями подобия состояния селевой смеси, обладающей ярко выраженными пластическими свойствами.

Механизм формирования конуса выноса аллювиальными отложениями

На конусе выноса, сложенном преимущественно аллювиальными отложениями, река, как правило, разделяется на несколько рукавов. Глубина русел этих рукавов значительно меньше их ширины. В связи с заполнением рукавов наносами, их положение на конусе выноса непрерывно изменяется. На небольших конусах выноса (10 000 м²) положение рукавов изменяется в течение нескольких суток. В результате непрерывной миграции рукавов мощность конуса выноса равномерно увеличивается.

Наблюдения за процессом формирования аллювиальных конусов выноса позволили раскрыть механизмы, приводящие к инграции рукавов реки по поверхности конуса выноса. Допустим, что на его поверхности имеется одно русло. По мере поступления наносов уложенное русло начнет заполняться ими, причем процесс заполнения начинается с периферийной части конуса выноса. (рис.1 а, б, в).

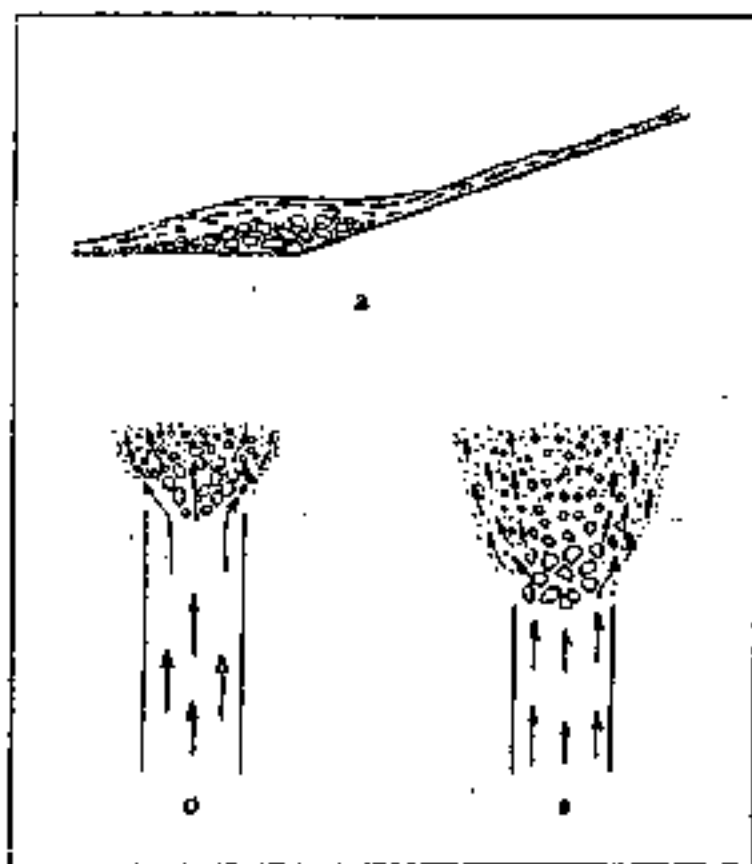


Рис.1. Процесс заполнения русла аллювием.
 а - сечение русла (продольное), б - русло до
 заполнения наносами (в плане), в - русло и
 прилегающие к нему области после заполнения
 наносами (в плане).

В процессе заполнения русла наносами его дно на участке отложения частиц повышается и выполаживается. Это способствует дальнейшему отложению частиц. По мере движения потока по участку, на котором происходит отложение частиц, поток перестает помещаться в русло и выходит за его пределы, продолжая свое движение как по поверхности русловых отложений, так и по поверхности конуса, прилегающей к руслу. По мере уменьшения энергии потока в результате уменьшения скорости, вызванного увеличением его ширины, на поверхности конуса выноса осаждаются и относительно мелкие частицы. Наносы, характеризующиеся большой гидравлической крупностью, останавливаются в пределах русла, формируя полосу отложений, относительно устойчивую к размыву. Остановка наносов в русле приводит к его заполнению от периферии конуса выноса к его вершине. В этих условиях отметки русла и прилегающих участков становятся выше, чем их значения для конуса выноса, в котором было сформировано русло.

Миграция русла на конусе выноса иллюстрируется рис. 2. На рис. 2 а изображена верхняя часть конуса выноса с одним сформировавшимся руслом. На рис. 2 б показано то же русло после заполнения его наносами. Очевидно, что превышение высотных отметок наносов в русле по сравнению с их значениями на конусе выноса приводит к тому, что поток сместится в ту или другую сторону. В результате формируется новое русло, изображенное на рис. 2 в. Оно, будучи ограничено с одной стороны бортом долины, а с другой - отложениями предыдущего русла, будет иметь отметки дна более высокие, чем отметки дна старого русла. После заполнения наносами нового русла картина приобретает вид, изображенный на рис. 2 г. Естественно, поток перенесется туда, где отметки будут низкие (рис. 2 д) и сформирует новое русло. После его заполнения русло вновь сформируется в центральной части рассматриваемого участка (рис. 2 е) и т.д.

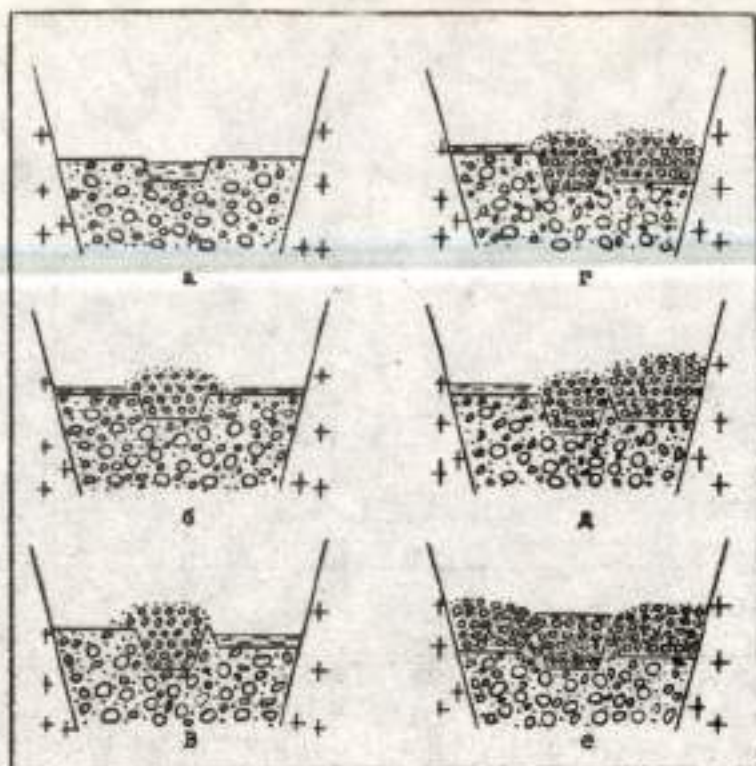


Рис.2. Миграция русла по поверхности конуса выноса (поперечное сечение).

а - конус выноса и первичное русло; б - первичное русло, заполненное аллювием; в - смещение потока вправо после заполнения русла; г - заполнение правого русла аллювием; д - смещение русла влево; е - заполнение левого русла аллювием.

Описанный механизм приводит к тому, что высотные отметки конуса выноса на равных удалениях от его вершины оказываются близкими по величине, а горизонтали на конусе выноса близкими по форме к дугам окружностей (рис. 3).

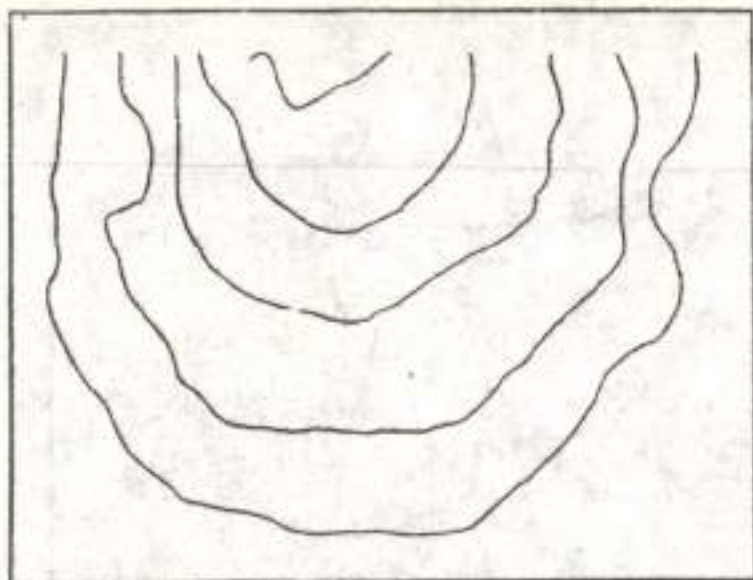


Рис.3. Аллювиальный конус выноса (в плане)

Таким образом, если горизонтали имеют вид, близкий к дугам окружностей, можно утверждать, что конус выноса сформирован речными отложениями или наносоводными селевыми потоками.

Механизм формирования конуса выноса селевыми отложениями

Механизм формирования конуса выноса наносоводного селя (с плотностью до 1800 кг/м^3) практически не отличается от механизма формирования конуса выноса речного потока. Существенно отличается от них механизм формирования конуса выноса при прохождении селей большой плотности. Особенностью движения селей большой плотности является сохранение его направления, приобретенного на выходе из горной долины; ширина потока при этом мало изменяется.

В работе [5] показано, что величина максимального растекания потока в поперечном направлении может быть оценена с помощью выражения:

$$y_{\max} = \frac{\rho_c g z_0^2}{2\tau_0}, \quad (2)$$

Очевидно, что ширина потока на конусе выноса в зависимости от ширины потока в горной долине (B) может быть определена с помощью следующего выражения:

$$y_{к.в} = B + 2y_{\max}. \quad (3)$$

Дальность селевого выброса, определяется по формуле [5]:

$$x_{\max} = \frac{W\rho_c g \sin\alpha}{\tau_0 y_{к.в}}, \quad (4)$$

где W - объем селя на выходе из горной долины, m^3 ; α - угол наклона конуса выноса.

Вышеизложенная схема относится к потокам, селевая смесь которых при остановке практически не распадается.

В ситуациях, когда пластические свойства селевой смеси не обеспечивают поддержание крупных фракций в квазивзвешенном состоянии, происходит частичный распад смеси; при этом крупные фракции останавливаются, а значительная часть смеси, представленная более мелкими фракциями вытекает из порового пространства, образуемого крупными частицами [3, 4].

Таким образом, если бы конус выноса до прохождения селя имел геометрически правильную форму, то после его прохождения на нем остались бы отложения, форма распределения которых, определяется свойствами селевой смеси, ее объемом и укло-

ном конуса выноса. Последующие сели лишь в верхней части конуса выноса имеют возможность перекрывать отложения предыдущих селей. В естественных условиях, из-за неоднородности тела потока (наличие группы камней, либо неровностей рельефа, образованных предыдущими селями) поток смещается в ту или другую сторону.

Таким образом, при прохождении селевых потоков конус выноса последовательно перекрывается их отложениями; при этом происходит увеличение объема конуса выноса.

Особенности формирования конуса выноса селевых потоков исследовались на лабораторной установке. В качестве селевой массы использовалась смесь, состоящая из гипса и воды. Смесь при помешивании доводилась до состояния, когда она приобретает пластические свойства ($\tau = 3-10 \text{ Н/м}^2$). Далее смесь выливалась равными порциями, причем скорость ее подачи поддерживалась постоянной. Для удобства наблюдения окраска смеси изменялась от эксперимента к эксперименту.

На рис. 4 приведен конус выноса, образовавшийся в результате первого эксперимента. На рисунке видно, что конус выноса в плане имеет форму, близкую к полуокружности, а в сечении - форму, аналитическое выражение которой приведено в работе [5]

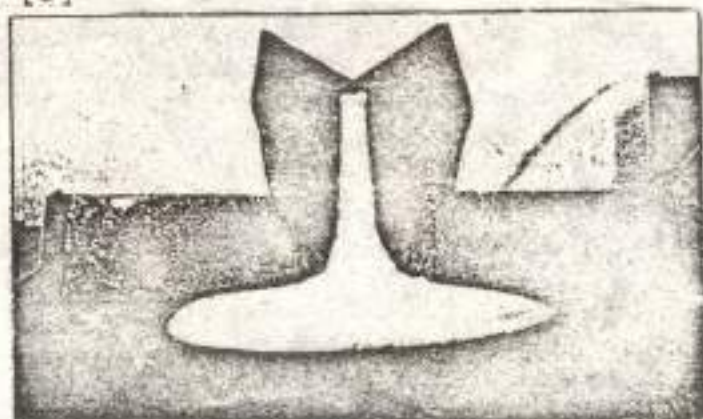


Рис. 4. Конус выноса, образованный вязкопластической смесью (первый эксперимент)

Конусы выноса, образовавшиеся в результате проведения 2-9 экспериментов, приведены на рис. 5. Во всех экспериментах, кроме первого, форма конуса выноса в плане далека от окружности.

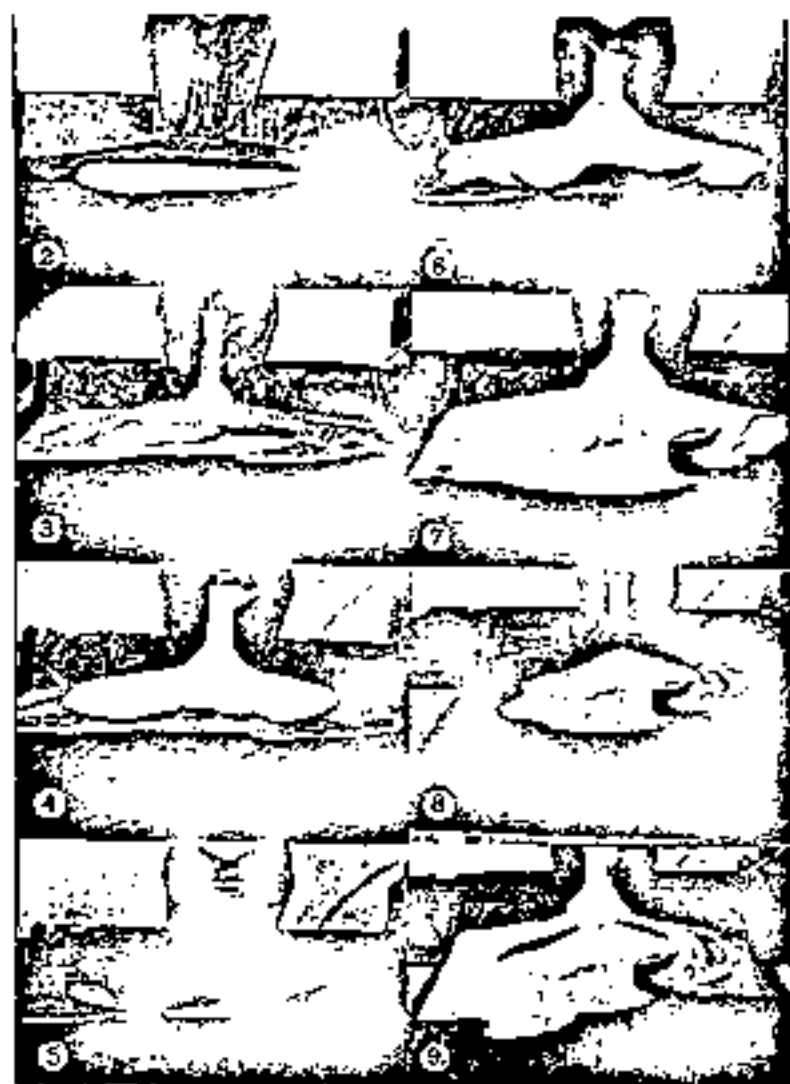


Рис. 5. Конусы выноса, образовавшиеся вязкопластическими смесями (2-9 эксперименты)

Результаты экспериментов показывают, что в верхней и средней частях конуса выноса горизонтали имеют форму, близкую к дугам окружностей. Периферийные горизонталы, если их аппроксимировать окружностями, имеют радиусы большие, чем расстояние от вершины конуса выноса до соответствующей горизонтали в его нижней части (в осевом направлении).

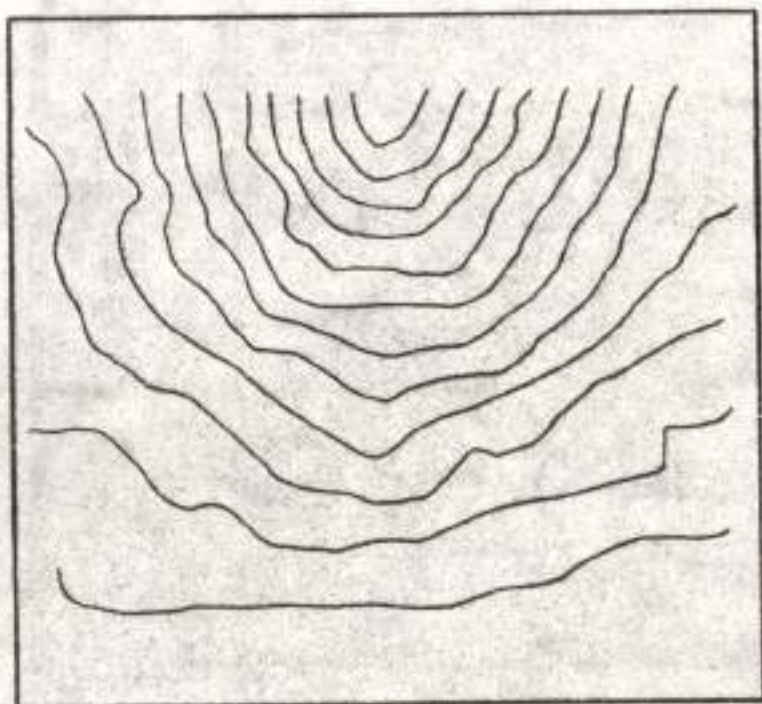


Рис. 6. Селевой конус выноса (в плане)

Анализ процессов, приводящих к появлению описанных эффектов, показал, что уменьшение радиусов аппроксимирующих окружностей в вершинной части конуса выноса обусловлено стремлением селевых потоков сохранять направление движения. В результате этого интенсивность отложений в вершин-

ной части конуса выноса в направлении, совпадающем с направлением потока в горной долине (осевое движение), становится выше, чем в любом другом направлении. Увеличение радиусов аппроксимирующих окружностей в периферийной части конуса выноса объясняется тем, что в условиях движения потоков в направлениях, отличных от осевого, при встрече с преградой (неровности рельефа и т.п.) поток не останавливается, а продолжает движение вдоль преграды к периферии конуса выноса. В связи с этим интенсивность отложений в боковых периферийных частях конусов выноса увеличивается, что и приводит к увеличению радиусов аппроксимирующих окружностей.

Описанные особенности формы рельефа конусов выноса селевых потоков, могут служить их дешифрирующими признаками на топографических картах. При этом следует иметь в виду, что если за последние десятки тысяч лет селевые явления не имели место, то селевые конусы выноса могут быть перекрыты аллювиальными отложениями; изогипсы конусов выноса аллювиальных отложений имеют, как показано выше, форму, близкую к окружностям и в периферийной зоне. Неучет указанного обстоятельства может привести к серьезным ошибкам при определении генезиса конусов выноса.

На конусе выноса, сложенном, в основном, грязекаменными селями, образуется, как правило, одно крупное русло, глубина которого соизмерима с его шириной. Объясняется это тем, что при прохождении селя высокой плотности существовавшее русло постоянного водотока исчезает, а новое русло образуется постселевым паводком. Особенностью постселевых паводков являются их относительно высокая плотность и большие расходы. В процессе формирования русла постселевым паводком выносятся частицы практически всех фракций, кроме валунов и глыб, из которых и формируется самооттолка.

В наиболее типичных ситуациях размеры крупных частиц находятся в пределах 0,5-2 м, а их

процентное содержание в полном грансоставе твердой фазы селевых смесей таково, что для образования самоотмостки русло должно углубиться на 2-3 диаметра упомянутых частиц [2]. Учитывая, что скорость движения селей на конусе выноса составляет 2-3 м/с, нетрудно показать, что при расходе 100-150 м³/с (постселевой паводок) и глубине потока 5-6 м, ширина его должна составлять 10-15 м. Таким образом, формируется русло, глубина которого соизмерима с его шириной. Такие русла формируются в течение очень короткого времени (не более суток). Их характеристики сохраняются практически постоянными до прохождения нового селевого потока. Последующим селем русло полностью уничтожается, а постселевым паводком формируется новое русло, как правило, на другом месте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арманд Д.Л. Изучение геоморфологических процессов экспериментальным методом // Тр. ИГАН СССР. - 1950. - Вып.47. - С. 5-76.
2. Степанов Б.С. Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных условиях // IV Всесоюзная научная конференция. Москва, 24-26 декабря 1987 г.: Тезисы докладов. - М.: МГУ, 1987. - С. 290.
3. Степанов Б.С. Заполнение селехранилищ вязкопластическими селевыми смесями // Селевые потоки. - 1989. - Сб.11. - С. 23-27.
4. Степанов Б.С., Степанова Т.С. О физической природе и математической модели процесса трансформации селевых потоков // Селевые потоки. - 1989. - Сб.11. - С.6-22.
5. Степанов Б.С., Цукерман И.Г. Оценка дальности продвижения селевых потоков на конусе выноса // Селевые потоки. - 1984. - Сб.8. - С. 39-42.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

ТАУ ӨЗЕНДЕРİNДЕГІ ҚҰМ-ҚАЙЫРЛЫ КОНУСТАРДЫҢ ҚАЛЫПТАСУ
МЕХАНИЗМДЕРІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Р.К. Яғязова

Мақалада ағыстар мен сәл түзілімдері әсерінен қалыптасқан құм-қайыралы конустың механизмі айтылады, талдап-таратудың (дешифрируошие) көрініс беретіндігі анықталған. Құм-қайыралы конустардың түрлері олардың генезисін анықтауға мүмкіндік беретіндігі атап көрсетіледі.

УДК 504.064.2 : 504.53.052 (574)

О СИСТЕМНОМ ПОДХОДЕ К СОХРАНЕНИЮ И СБАЛАНСИРОВАННОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Академик МНАН РК И.О. Байтулин

Обосновывается необходимость системного подхода к сохранению биоразнообразия. Системный подход способствует раскрытию целостности объекта, установление многообразных типов связей между составляющими. Доказывается идентичность понятий экосистема и биогеоценоза. Делается вывод, что национальная стратегия сохранения биоразнообразия должна разрабатываться как система управления.

В Декларации Рио-де-Жанейро (3-14 июня, 1992), принятой конференцией ООН провозглашено: Государство должно реализовать свое суверенное право на эксплуатацию своих природных богатств "... таким образом, чтобы удовлетворялись потребности в развитии и сохранении окружающей среды нынешнего и будущих поколений" (принцип 3), "охрана окружающей среды должна стать неотъемлемой частью процесса развития и не могут рассматриваться в отрыве от него" (принцип 4). Этот принцип гармонизации экономики и экологии в развитии общества заключается в достижении устойчивого развития на основе бережного управления имеющимися ресурсами с учетом возможностей окружающей среды, местных национальных, региональных особенностей и удовлетворение потребностей настоящего без ущемления возможности будущих поколений [1].

К сожалению, экологическая ситуация во многих регионах Республики стала критической. Широкие масштабы приобрели опустынивания - процесс экологической деградации природных ресурсов, сопровождающийся потерей биологической продуктивнос-

ти. Площадь опустыненных земель составляет около 59,9 % от всей территории Республики Казахстан. Столь масштабные процессы деградации земель явились результатом того, что в условиях режима бывшего СССР основополагающей идеологией развития был принцип господства человека над природой, отдавалось предпочтение экономике в ущерб экологии. Чтобы не допустить дальнейшего усиления деградационных процессов в природе, в первую очередь необходимо определить на общегосударственном масштабе экологическую политику Республики, в которой принцип гармонизации проблем экономики и экологии в развитии общества возводится в общегосударственный ранг. Затем разрабатывается национальная экологическая программа (НЭП), которая является составной частью стратегии развития общества - Республики Казахстан.

Крайне важно также выработать для каждой области и района собственную региональную стратегию охраны природы, которая являлась бы частью национальной экологической программы. Только при таком согласованном подходе охрана природы не будет противоречить планам развития общества. Для каждой области, для каждого района должен быть составлен перечень охраняемых видов растений и животных, экосистем, других природных объектов, с их характеристикой, с указанием научной и практической ценности и роли в экосистеме, культуре и истории. Особенно следует взять под охрану от трансформации или модификации: эталонные экосистемы, центры эндемизма, богатые различными видами растений или животных; места распространения диких сородичей культурных растений и домашних животных, реликтовых, редких и исчезающих видов растений и животных, другие уникальные природные объекты.

Каждый проект - малый или большой, общегосударственный, местный или ведомственный, должен быть проработан с учетом недопущения дестабилизации окружающей среды и обязательно подвергаться экологической экспертизе.

Необходимо провести полномасштабное экологическое обследование всех территорий военных баз, которые размещены в основном в самых живописных районах, в верхних течениях рек. Зоны эти вне контроля общественности и часто являются очагами распространения загрязнений.

Разобщенность в действиях планируемых, проектируемых, производственных и научных учреждений, закрытость на статистику заболеваемости населения во многих регионах не позволяют дать реальную оценку экологической ситуации нашей страны, выявить причины их вызывающие, прогнозировать положение и дать научно-обоснованные рекомендации по предотвращению экологической дестабилизации.

Прежде всего необходимо обобщить все имеющиеся материалы, провести тщательную инвентаризацию и определить состояние природных ресурсов - почвы, растительности, животного мира, выяснить как расходуются наши подземные кладовые, насколько их хватит, чем будет располагать будущее поколение.

Национальная стратегия устойчивого развития страны должна включать:

- национальную экологическую политику Республики Казахстан;

- национальную экологическую программу, являющуюся составной частью общегосударственной программы развития общества с определением приоритетов по годам и на периоды разной продолжительности.

Проблема сохранения биологического разнообразия имеет сравнительно давнюю историю. Ученые поднимали этот вопрос еще более 50 лет тому назад. В 1983 году Организацией Объединенных Наций была создана Всемирная организация "Питание и сельское хозяйство", включающая комиссии по генетическим ресурсам, их привлечению в Международный фонд растительных генетических ресурсов. В настоящее время сохранение и использование генетических ресурсов стало одним из главных мировых приоритетов. 5 июня 1992 года в Рио-де-Жанейро (Бразилия) на конференции ООН на высшем уровне "Окру-

жающая среда и развитие" руководители более 150 стран, включая Казахстан, подписали Конвенцию по биологическому разнообразию. Суть Конвенции - принятие экстренных мер по сохранению биологического разнообразия, являющегося возобновляемым природным богатством, источником питания, корма, сырья для промышленности, средством лечения от заболеваний, условием существования самого человечества. Вот почему "...сохранение биологического разнообразия является", как сказано в Конвенции "...общей задачей всего человечества". При этом в преамбуле Конвенции подчеркнута "что основным условием биологического разнообразия является сохранение экосистем и естественных местообитаний, поддержание и восстановление жизнеспособных популяций видов в их естественных условиях".

Любой биологический вид не представляет собой независимого существования и эволюция его не происходила изолированно от других видов. Совместное историческое развитие, коэволюция, привели к установлению определенных взаимных отношений между различными видами, к адаптации их к конкретным условиям местообитания, к дифференцированному использованию в пространстве и во времени ресурсов среды их обитания, к смягчению конкуренции между ними. Таким образом, в конкретных участках поверхности Земли образуется определенное сообщество живых организмов с установившимися между ними отношениями и отношениями с окружающей их абиотической средой. Такую функциональную систему представляющую собой множество элементов, состоящую из биоты и местообитаний и находящуюся в отношениях и связях друг с другом и образующую определенную целостность, структуру принято называть биогеоценозом или экосистемой.

Таким образом, любой вид или популяция организмов исторически подогнан в определенное сообщество и занимает в этой системе конкретное положение, выполняет свою функциональную долю, адаптирован к этому. Поэтому чем стабильнее эта сис-

тема, тем прочнее и состояние входящих в нее видов и популяций. Вот почему системный подход к сохранению и сбалансированному использованию биоразнообразия прежде всего означает сохранение вида и внутривидовой популяции в среде естественного их обитания, сохранения и экосистем, как составной части биоразнообразия. В Конвенции (статья 8, а) четко сказано, что Договаривающаяся Сторона "...содействует защите экосистем, естественных мест обитания и сохранению жизнеспособных популяций видов в естественных условиях". Сохранение биологического разнообразия должно осуществляться в их исторически сложившейся природной системе, в которой они гармонично встроены, пространственно размещены, дифференцированно используют ресурсы абиотической среды во времени и в пространстве. Виды и популяции являются компонентами не одного, а нескольких типов экосистем. К тому же имеются мигрирующие, кочующие виды, не приуроченные к локальным биогеоценозам. Они являются тоже важными элементами данного биоценоза, компонентами временного характера, участвующего в биогенном круговороте данной природной системы. Поэтому функциональная деятельность экосистем в определенной степени зависит и от участия этих временных компонентов.

Ныне общепризнанно, что для спасения любого вида требуется не только (и не столько) охрана его самого, но и поддержание его места в системе, стабилизация сообщества. Все меры, направленные на сохранение гепарда в среднеазиатских пустынях, не достигли цели: этот специализированный хищник был обречен на вымирание, как только резко снизилась численность его жертв - джейранов.

Поскольку сохранение биоразнообразия - видов, популяций, экосистем составляет единую задачу, для сохранения видов и популяций необходимо принять меры прежде всего к сохранению экосистем. Для этого следует четко уяснить, что из себя представляет понятие экосистема, что она конкретно выражает. К сожалению понятие это весьма расп-

льчатое. Такая неопределенность объема и неоднозначность содержания экосистемы как объекта современного научного познания привели даже к отрицанию некоторыми учеными объективного существования экологии как науки [4]. Однако, в последнее время многие исследователи начинают признавать, что конкретным выражением экосистемы является биогеоценоз. Следовательно изучение экосистемы должно входить в задачу биогеоценологии. Понятие экосистемы очень близко к понятию биогеоценоза по В.Н.Сукачеву [24]. Однако термин "экосистема" применяется не только в смысле биогеоценоза, но гораздо шире, так как многие зарубежные исследователи включают в содержание этого понятия и сочетание биогеоценозов, и даже целые природные районы. Тем не менее многие исследователи начинают признавать, что биогеоценоз является более или менее синонимом экосистемы. Т.А.Работнов [18] тоже считает, что "биогеоценоз и экосистема функционально одно и то же" (с.49). Но в отличие от экосистемы, не имеющей определенных границ, биогеоценоз представляет собою хорологическую единицу, имеющий четко очерченные границы.

Ныне, как отмечает В.Одум [17] термин "экосистема" используют англоязычные авторы, а "биогеоценоз" широко используется в литературе на немецком и славянском языках. При этом Ю.Одум отмечает, что эти термины можно рассматривать как синонимы, а преимущество термина "экосистема" в его краткости и легкости усвоения на любом языке. Коль так, экология не должна трактоваться как наука об экосистеме, а биогеоценология - как один из разделов экологии, ибо это разные науки [14].

Отметим, что учение о биогеоценозе развивалось одновременно с учением об экосистемах и по признанию многих ученых действительно является аналогом последнего. По определениям Е.М.Лавренко и Н.В.Дылиса [12] биогеоценоз - это экосистема в границах фитоценоза или как частный случай экосистемы.

Известно, что биогеоценозы, как живые системы взаимодействующих видов популяций, представляют собою иерархию живых систем надорганизменного уровня, сложную пространственную и функциональную структуру, состоят из множества взаимосвязанных элементов составляющих единое целое, обладают внутренним механизмом саморегуляции и без познания материально-энергетической сущности которых нельзя понять закономерностей функционирования и динамику этой природной системы в целом.

Биогеоценоз представляет собою упорядоченную, саморегулирующуюся, саморазвивающуюся природную систему, совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных элементов (атмосферы, горной породы, гидрологических условий, растительности, животного мира, мира микроорганизмов и почвы). Основным специфическим свойством биогеоценоза является характер взаимоотношений, взаимодействий между его компонентами.

Трофические (пищевые) взаимосвязи между компонентами с противоположными типами питания - автотрофными и гетеротрофными, являются взаимно необходимыми, обеспечивают относительную устойчивость биогеоценоза, как целостной системы. Гетеротрофы занимают вершину трофической пирамиды в биогеоценозе, выполняют важную роль в формировании и поддержании структурно-функциональной его организации, в круговороте органического вещества и потока энергии, функционируя за счет органического вещества, созданного автотрофами. Таким образом, основным функциональным ядром биогеоценозов является ценотическая система автотрофных фотосинтезирующих растений - фитоценоз или любая фитоценотическая группировка, агрегация. Автотрофные растения формируют свыше 90 % биомассы биогеоценоза, создают его энергетику.

Фитоценотические системы являются образованиями, возникающими в результате конкуренции и изменения среды растениями. Лишь взаимодействие растений приводит к возникновению надорганизменного, фитоценотического уровня организации их

жизни [11]. Наличие внутренних взаимосвязей является обязательным условием существования системы. Экологическая (в узком смысле) обстановка хотя и производит первичный отбор видов (их состава и численности), но сама по себе не формирует фитоценотические системы [16]. Системообразующие ценотические взаимодействия растений, регулирующие их обилие (массу, количество особей) в фитоценотических системах и строение последних, возникают только при определенной сближенности растений [21, 26], а именно при смыкании перекрывании их фитогенных полей. Отграничение одной фитоценотической системы от другой в растительном покрове обуславливается наличием эдификаторов - наиболее мощных по средообразованию растений или синузий, создающих в определенной степени однородные фитосреду и строение ценотических систем [16]. Несомненно, что в растительном покрове могут существовать группировки с разной степенью сближенности и влияния растений друг на друга, т.е. с разной сформированностью ценотических отношений - от агрегаций, неопределенных группировок [21, 26], в которых нет ценотических отношений, до фитоценозов с мощными эдификаторами, почти полностью контролирующими развитие других растений [16]. Эти детерминанты являются аккумуляторами наибольшей части усвояемой солнечной энергии, продуцируют наибольшую биомассу и потому оказывают наиболее сильное влияние на экотоп и выполняют основную средообразующую роль.

В настоящее время биогеоценологическое изучение живой природы становится одним из основных направлений биологических наук и наиболее перспективен системный подход к рассмотрению ее объектов. Растительность как функциональное ядро биогеоценоза также рационально рассматривать как ценотическую систему автотрофных фотосинтезирующих растений" [16].

Межбиоценозные связи формируют биогеоценотический покров Земли, как единую систему в масштабах биосферы структура живого населения биосферы

представляет собой серию иерархической соподчиненную структурно-функциональную систему. При этом биосфера представляет собой систему, генеральной функцией которой является поддержание жизни как устойчивого глобального явления. Биогеоценозы представляют собой биологические системы с ведущей функцией осуществления биогенного круговорота, обеспечивающегося взаимодействиями структурно-функциональных подсистем - видовых популяций. Популяции, помимо участия в биогеоцентрических функциях, как самостоятельные биологические системы, выполняют функции поддержания устойчивого существования и воспроизведения вида в конкретных условиях среды. Особь (организм), функционируя в составе популяции, имеет и специфическую функцию поддержания обмена веществ, является целостным и структурированной биологической системой [27].

Каждому растению присуще своеобразное "фитогенное поле", т.е. пространство, в котором среда специфично изменена в результате взаимодействия: растение - среды [25]. Поскольку каждый фитоценоз характеризуется определенным типом взаимоотношений между компонентами, предполагается образование в нем единого фитоценотического поля, оказывающего специфическое воздействие на среду. Нарастающее с возрастом численностью и плотностью детерминантное фитогенное поле сливается в фитоценотическое поле.

Тип биогеоценоза совпадает с растительной ассоциацией [22, 11]. Однако, могут быть случаи, когда такого совпадения не будет. Это обычно наблюдается тогда, когда растительный покров сохраняет свою однородность, хотя некоторые другие компоненты биогеоценоза могут в известной степени измениться, что приводит к изменению типа обмена веществ и энергией. Но некоторые исследователи [14] весьма категоричны в отношении биогеоценоза и определяют его границами фитоценоза, как автотрофной его фазы.

По В.Н.Сукачеву [22] "Под фитоценозом (растительным покровом) следует понимать всякую по составу и сложению однородную на известном протяжении группировку растений, характеризующуюся также однородным характером системы взаимоотношений между растениями и между ними и средой" (с.478).

Пространственные элементы растительного покрова не всегда являются прерывистыми, имеют постепенный переход из одного состояния в другое. Поэтому границы биогеоценозов чаще всего определяются границами различных растительных сообществ. При постепенном переходе биогеоценозов необходимо тщательное изучение изменения состава компонентов, поскольку это изменяет характер их взаимодействия, режим превращения веществ и энергии, а следовательно продуктивность и сущность биогеоценоза.

В горизонтальном направлении биогеоценозы могут быть неоднородными в связи с неравномерным распределением растений и образованием разной степени сгущения видов или мозаичным характером и растительного покрова, наличием куртин из зарослей различных растений. Эти образования - синузлии, являются структурными частями биогеоценозов, но характеризуются особыми свойствами абиотических компонентов и особым видовым составом.

Известно, что в природе имеются участки растительного покрова в виде неопределенных группировок, в которых разрозненно растущие растения не могут вступать в какие-либо взаимоотношения.

Глубокое изучение строения, структуры, закономерностей функционирования, естественного и антропогенного хода процесса сукцессии биогеоценозов в различных природных зонах и местообитаниях необходимо в целях эффективного управления биологическим разнообразием, биоресурсами.

Разработка мероприятий по рациональному использованию и охране ресурсов биосферы, изучению биологической продуктивности Земли и сохранению благоприятной экологической среды в условиях масштабных антропогенных изменений современной

индустрией возможны лишь на широкой биогеоценологической основе, системном подходе.

Как известно термин Система происходит от греческого "Systema" - целое, составленное из частей. В современном научно-техническом знании под системой понимается множество элементов, находящихся в отношениях и теснейших взаимосвязях друг с другом и образующих определенную целостную структуру. Под структурой системы понимается организация связей между ее элементами.

В.С.Ипатов, Л.А.Кирикова [7] обратили внимание на необходимость разного толкования понятий "структура" и "строение", не пользоваться ими как синонимами, что к сожалению имеет место. Структура - это совокупность взаимосвязей элементов целого, а строение - пространственное соотношение частей объекта, границы которых определяются морфологически.

Основные системные принципы заключаются в: целостности, несводимости свойств системы к сумме составляющих ее элементов и невыводимость из последних свойств целого, зависимости каждого элемента, свойств и отношении системы от его места, функции и т.д. внутри целого; структурности - сети связей и отношении системы; взаимозависимости системы и среды - система формирует и проявляет свои свойства в процессе взаимодействия со средой, являясь при этом ведущим активным компонентом взаимодействия; иерархичности - каждый компонент системы в свою очередь может рассматриваться как система; множественности описания каждой системы.

Национальная стратегия сохранения и сбалансированного использования биоразнообразия относится к системе управления и должна представлять собой совокупность подсистем, отражающих отдельные стороны управления: цели, функции, методы, органы, кадры, технику и технологию и т.д. Предназначение ее - выработка и осуществление управляющего воздействия на сохранение и сбалансированное использование биоразнообразия в соответс-

твии с потребностями общества и объективными законами развития жизни на земле - биосферы.

"Эффективность Системы управления оценивается с точки зрения показателей ее функционирования и результатов деятельности объектов управления..." [3]. Системный подход означает направление методологии научного познания, в основе которого лежит исследование объектов как систем и ориентирует исследование на адекватное воспроизведение в знании сложных биологических объектов, явлений, процессов, на раскрытие целостности объекта, на выявление многообразных типов связей сложного объекта и сведение их к целостному единству.

Компоненты распределяются в биогеоценозе пространственно так, что конкуренция между ними сильно ослаблена. Это проявляется как в надземном, так и в подземном ярусном сложении биогеоценозов, когда каждый вид занимает в жизнеобеспечивающем пространстве свое место - свою так называемую экологическую нишу. Понятие Ниша первоначально возникло для обозначения места вида в структуре сообщества. При этом полагалось, что ниши разных видов не перекрываются, и, таким образом, создается потенциальный характер распространения отдельного вида в отсутствие взаимодействий с другими видами" [4]. Но это ошибочное представление, пространство ниши является абстрагированным упрощением всего богатства отношений ниш в сообществе.

Следует считаться с тем, что в результате антропогена произошла трансформация части экосистем, возникли антропогенные ландшафты, к условиям которых многие зональные виды организмов не адаптированы.

Изучение хода формирования растительных сообществ на техногенных ландшафтах, песчаных массивов, естественного процесса лесовосстановления на горах и вырубках, процессов демуляции сбитых пастбищ, изучение смен растительности на мелиорированных землях, позволяют выяснить естественный

ход формирования растительных сообществ. На основе этих знаний можно выработать экологически оправданные рекомендации по реконструкции и восстановлению деградированных сообществ, созданию по природному образу новых агроценозов.

Создание устойчивых агрофитоценозов должно базироваться на законах функционирования биогеоценозов. При этом должна учитываться адаптированность компонентов к данным абиотическим условиям, сочетаемость в результате расположения их по различным пространственным и временным экологическим нишам. Все меры при этом должны быть направлены на создание такого ценотического режима отношений, который бы благоприятствовал нормальному развитию детерминантов. Это приведет в конечном счете к самоформированию консорции, установлению характерных для биоценоза данного экотона консортивных связей, установлению режима относительной ценотической замкнутости.

Для каждой зоны, местообитанию характерен определенный биоценоз. Поэтому важен зональный аспект формирования консорции: учет специфики их становления в разных зонах, сопряженность эволюционного развития детерминантов и их консортов, взаимной морфологической и функциональной приспособленности, степени синхронности их онтогенетического и сезонного развития" [20].

Климаксовые сообщества представляют собою системы с относительно постоянной структурой, а антропогенное изменение - с переменной структурой.

Как считает П.Джиллер [4] в сообществах, сложившихся сравнительно недавно, или в сообществах, существование которых ежегодно прерывается, взаимная подгонка или эволюционная адаптация видов друг к другу не могли достигнуть такого развития, как и в более давних и более стабильных группах видов. Поэтому следует ожидать, что новые сообщества будут менее богаты видами. Недавно возникшие местообитания (например, в результате лесных пожаров) могут не содержать полного набора

видов. "Разнообразие обычно уменьшается при постоянных стрессовых воздействиях, таких как чрезмерный выпас, загрязнение воздуха, гамма-излучение и суровый климат, при которых может существовать лишь ограниченное число видов". "Число видов должно возрастать с увеличением стабильности среды" (с.113).

"Разнообразие ведет к стабильности, а следовательно к снижению вымирания. Уровень видового разнообразия обладает, таким образом, положительной обратной связью: чем больше видов, тем меньше скорость вымирания и тем быстрее возрастает разнообразие" [4] с.93.

Отсюда понятно, что нельзя допускать потери ни одного компонента из биогеоценоза. Потеря компонентов ведет к дестабилизации исторически сложившихся отношений, а следовательно к нарушению характерной для данной системы функциональной деятельности. Поэтому необходим эффективный мониторинг за природной средой в целом и за состоянием биоразнообразия в частности. В статье 7 Конвенции говорится, что каждая Договаривающаяся Сторона "определяет процессы и категории деятельности, которые оказывают или могут оказывать значительное неблагоприятное воздействие на сохранение и устойчивое использование биологического разнообразия и осуществляет мониторинг их последствий посредством отбора образцов и других методов".

Начальным этапом разработки мер по сохранению и сбалансированному использованию биоразнообразия является фундаментальный учет и анализ состояния. Только проведя четкую инвентаризацию и имея систематизированный свод сведений о биоразнообразии можно будет разработать эффективные меры по осуществлению положения Конвенции. В Казахстане проведена огромная работа в этом направлении, но не завершены работы по лишайникам, мхам, альгофлоре, фитоценозам в области ботаники, энтомофауне - в области зоологии. Поэтому одной из первоочередных задач является восполнение этих пробелов.

Одновременно с инвентаризацией необходима оценка состояния биоразнообразия, степень антропогенной деградации биогеоценозов и генетической эрозии. Как известно, на воздействие среды обитания организмы реагируют прежде всего количественными изменениями в популяциях и сообществах популяций и в экологии уделяется серьезное внимание методам количественного учета организмов. Использование количественных подходов для изучения динамических процессов в растительности позволяют выяснить состояние. При этом наиболее объективную оценку состояния дает определение состава возрастной ценопопуляции.

Конвенция придает важное значение проблемам реабилитации деградированных природных систем в разработке мер сохранения и сбалансированного использования биоразнообразия. Так, Статья 8 гласит, что Договаривающаяся Сторона "принимает меры по реабилитации и восстановлению деградировавших экосистем и содействует восстановлению находящихся в опасности видов, в частности, посредством разработки и осуществления планов и других стратегий рационального использования".

Меры сохранения и воспроизводства биоразнообразия многообразны и в последние годы придается большое значение созданию банков гермоплазмы, который из сферы природоохранной деятельности переходит даже в коммерческую. Генофонд становится валютным эквивалентом. В этих условиях слабо развитые страны, защищая свои интересы, формируют Национальные программы резервирования растительной гермоплазмы. Такие программы ориентируются не только на краткосрочную но главным образом на долгосрочную отдачу - обеспечения генетического "суверенитета" и генетического потенциала для экономического и социального развития страны.

Не всеми правильно понято положение Конвенции относительно интродукции. Статья 8, h гласит, что Договаривающаяся Сторона "предотвращает интродукцию чужеродных видов, которые угрожают экосистемам, местам обитания или видам, контролирует

или уничтожает чужеродные виды". К сожалению на основе этого положения предпринимаются попытки вообще запретить интродукционную деятельность.

Интродукционный материал обогащает генофонд страны и увеличивает ее биоресурсный потенциал. Но подход к интродукционной деятельности должен осуществляться с учетом диапазона экологической амплитуды экзотических видов, их конкурентноспособности и агрессивности, чтобы не допустить их натурализации и внедрения в природную экосистему.

Слабая разработанность теории организации, динамики и устойчивости, отсутствие установленных норм реакции природных систем на антропогенные воздействия не позволяют в настоящее время создать достаточно полную модель даже упрощенных биогеоценозов. Это затрудняет экологическое прогнозирование последствий воздействия на них [2], в том числе и возможности противостояния агрессивности чужеродных видов. Все это свидетельствует о перспективности системного подхода как в определении места, положения и состояния биоразнообразия, так и в подходе к разработке стратегии по сохранению и сбалансированному использованию биоразнообразия. В Статье 6 Конвенции сказано, что "каждая Договаривающаяся Сторона в соответствии с ее конкретными условиями и возможностями: а) разрабатывает национальные стратегии, планы или программы сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия или адаптирует с этой целью существующие стратегии, планы или программы, которые отражают, в частности, изложенные в настоящей Конвенции меры, относящиеся к соответствующей Договаривающейся Стороне; в) предусматривает, насколько это возможно и целесообразно, меры по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия в соответствующих секторальных и межсекторальных планах, программах и политике".

В республике принята национальная программа по рациональному природопользованию, разрабатывается национальная стратегия по борьбе с опустыни-

ванием. Поэтому, необходимо, чтобы стратегия программы по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия были согласованы с этими природоохранными документами и встроены в общую систему охраны, воспроизводства и рационального использования биологических ресурсов страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байтулин И.О. Гармонизация проблем экономики и экологии в развитии общества // Изв. НАН РК. Сер. биол. - 1993. - N 1. - С. 3-8.
2. Большаков В.Н. Проблемы экологического прогнозирования природных систем // Общие проблемы биогеоценологии. - М., 1986. - Т.1. - С.46-48.
3. Бронников Ю.Н. Система Управления, БСЭ. - М.: Изд-во Советская энциклопедия. - 1976. - Т.23. - С. 468-469.
4. Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша. - М.: Мир, 1988. - 184 с.
5. Дылис Н.В. Структурно-функциональная организация биогеоценологических систем и ее изучение // Программа и методика биогеоценологических исследований. - М.: Наука, 1974. - С.14-23.
6. Злотин Р.И. Комплексы гетеротрофов как функциональное ядро биогеоценоза // Общие проблемы биогеоценологии. - М., 1986. - С. 32-34.
7. Ипатов В.С., Киркова Л.А. Ценоэлементы в растительном покрове // Бот. журнал. - 1986. - Т.71, N 5. - С. 570-587.
8. Кибернетика // Большая Советская энциклопедия /- М.: - 1973. - Т.12. - С. 75-82.
9. Конвенция о биологическом разнообразии ПРООН (русский текст). - 1992. - 32 с.
10. Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием (русский текст). - 1994. - 35 с.

11. Лавренко Е.М. Основные закономерности растительных сообществ и пути их изучения // Полевая геоботаника. - 1959. - Т. 1. - С. 155-167.
12. Лавренко Е.М., Дылис Н.В. Успехи и основные задачи в изучении биогеоценозов суши в СССР // Бот. журнал. - 1968. - Т. 53, N 2. - С. 155-167.
13. Миркин Б.М. Задачи фитоценологии в период ускоренного развития народного хозяйства СССР // Научн. докл. высш. школы. Биол. науки. - 1986. - N 11. - С. 5-15.
14. Номоконов Л.И. Экология, биогеоценология и их соотношения // Общие проблемы биогеоценологии. - М., - 1986. - Т. 16. - С. 14-16.
15. Норин Б.Н. Структура растительных сообществ восточно-европейской лесотундры. - Л.: Наука, 1979. - 200 с.
16. Норин Б.Н. Растительный покров: ценотическая организация и объекты классификации // Бот. журнал, - 1983. - Т. 68, N 11. - С. 1449-1455.
17. Одум Ю. Основы экологии // - М.: Просвещение, 1975. - 168 с.
18. Работнов Т.А. Что такое экология с точки зрения ботаника // Вестник МГУ. Сер. биол., 1979. - N 1. - С. 47-50.
19. Садовский В.Н. "Система" // БСЭ. - М.: Советская энциклопедия, 1976. - Т. 23. - С. 463-464.
20. Селиванов И.А. Теоретические и практические проблемы изучения консорции // Общие проблемы биогеоценологии, - М.: 1986. - С. 120-122.
21. Сукачев В.Н. Фитоценоз и фитоценология (Тезисы) // Сов. ботаника, 1934. - N 5. - С. 3-5.
22. Сукачев В.Н. О некоторых современных проблемах изучения растительного покрова // Бот. журнал. - 1956. - N 4. - С. 476-480.
23. Сукачев В.Н. Основные принципы и программа изучения типов леса // Методические указания к изучению типов леса - М., Изд-во АН СССР, 1961- С. 11-104.

24. Сукачев В.Н. Основные понятия о биогеоценозах и общее направление их изучения // Программа и методика биогеоценологических исследований - М: Наука, 1974. - С. 5-13.
25. Уранов А.А. Фитогенное поле // Проблемы современной ботаники - М., - 1965. - N 1. - С.251-254.
26. Шенников А.П. Дарвинизм и фитоценология // Сов.ботаника, 1938. - N 3. - С. 5-18.
27. Шилов И.А. Биосфера, уровни организации жизни и проблемы экологии // Экология. - 1981. - N 1. - С.5-11.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

БИОТҮРЛЕРДІ САҚТАУҒА ЖҮЙЕЛІК ҚАДАМ
ЖАСАУ ЖӘНЕ ТЕҢГЕРІМДІ ПАЙДАЛАНУ ТУРАЛЫ

ҚР МҰҒА академигі И.О. Байтулин

Биотүрлерді сақтауға теңгерімді қадам жүйесі қажеттілігі айтылады. Жүйелік қадам нысандарының сақталуын жан-жақты ашуға құралдардың көп салалы типтік байланысын орналастыруға әсер етеді. Экожүйе мен биогеоценоза ұғымын дараландырады. Биотүрлерді сақтаудағы ұлттық стратегия басқару жүйесі сияқты жасалуы тиіс деген қорытынды шығады.

УДК 574.5:556.11

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕКИ СЫРДАРЬИ
ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ**

Канд. с.-х. наук Ю.М.Полов
Канд. техн. наук Л.М.Павличенко
Канд. с.-х. наук В.П.Богачев

Анализируется изменение стока взвешенных наносов и компонентного состава при уменьшении водности р.Сырдарьи. На основе применения методов многомерной статистики строятся модели иерархии процессов переноса и самоочищения поверхностных вод с последующим районированием низовий реки по степени их интенсивности.

В результате интенсивной водохозяйственной деятельности в бассейне Сырдарьи сложилась кризисная экологическая ситуация. Зарегулирование стока реки, крупномасштабное антропогенное воздействие привели к резкому ухудшению характеристик качества воды в реке, озерных системах и Аральском море. Наряду с уменьшением водности реки и стока взвешенных наносов, произошли изменения компонентного состава поверхностных вод Сырдарьи. Водный сток реки в последние годы сократился до 30-50 %, при этом отмечается возрастание безвозвратных потерь воды в древней (гидропост Кзыл-Орда) и, особенно, в современной (гидропост Казалинск) дельтах Сырдарьи (табл.1).

Ежегодный приток аллювиального материала к древней дельте Сырдарьи сократился за три десятилетия на 34 млн.т, а к современной дельте на 19 млн.т.

Такое сокращение стока взвешенных наносов привело к изменению химического и биологического балансов реки, а также к замедлению формирования

Таблица 1

Изменение компонентного состава стока Сырдарьи, аккумулирующегося
в дельте реки (между постами Тюмень-Арык и Казалинск)

| Годы | Водный сток | | Химический сток | | Твердый сток | | Биогенный сток, тыс. т | |
|-----------|-------------|-----|-----------------|-----|--------------|-----|---------------------------|----------------------|
| | км | % | млн. т | % | млн. т | % | фосфор валовой | органич. вещество |
| 1931-1950 | 7,2 | 100 | 4,3 | 100 | 12,0 | 100 | 16,80 | 1536 |
| 1951-1960 | 7,9 | 107 | 6,2 | 144 | 13,0 | 108 | 18,20 | 1664 |
| 1961-1970 | 5,7 | 79 | 5,7 | 132 | 3,1 | 26 | 4,34 | 397 |
| 1971-1978 | 5,1 | 71 | 6,4 | 149 | 0,4 | 3 | 0,56 | 51 |
| 1989-1992 | 7,3 | 101 | 8,6 | 200 | 0,5 | 4 | < 0,70 | < 64 |

дельт. В протекании современных рельефообразующих процессов все большую роль играют эоловый и антропогенный факторы. В стоке взвешенных наносов доминируют размываемые ниже Чардаринского водохранилища аллювиальные русловые отложения крупного фракционного состава. Они содержат незначительное количество органических веществ и поэтому происходит резкое сокращение притока биогенных элементов, необходимых для нормального функционирования водных и наземных экосистем (табл. 1).

Более сложный характер имеют изменения химического стока реки. До зарегулирования стока минерализация воды в низовьях испытывала незначительные колебания. Содержание минеральных веществ в речной воде составляло в среднем 500-600 мг/л. Изменения водности реки слабо сказывались на минерализации вод. По химическому составу вода во все периоды года была гидрокарбонатно-кальциевой. Начиная с 50-х годов, минерализация стала увеличиваться в связи с хозяйственной деятельностью в бассейне реки. В маловодные годы ее значения достигали 1000 мг/л. Интенсификация орошаемого земледелия в 60-х годах в верхних частях бассейна привела к еще большему росту минерализации воды в низовьях. Минимальные значения возросли до 800 мг/л. Отмечались отдельные периоды с концентрацией до 2000 мг/л.

Строительство Чардаринского гидроузла коренным образом изменило гидрологический режим в низовьях. Маловодье периода 1974 - 1977 годов еще больше обострило ситуацию и обусловило дальнейшее повышение минерализации. Ее среднегодовые значения достигли в этот период 1500-1700 мг/л в створе Тюмень-Арык и 1700-1800 мг/л в створе Казалинска. В отдельные сроки наблюдений наибольшие значения минерализации у Тюмень-Арыка превышали 2000 мг/л, а в Казалинске достигали 3000 мг/л.

В последующие годы высокие значения минерализации речных вод сохранились благодаря повышенному притоку возвратных вод в верхней и средней частях бассейна. Но, начиная с 1985-1986 годов,

минерализация воды стала неуклонно снижаться. Ее среднегодовые значения за период 1989-1994 годы составили в створе Тюмень-Арык 1100-1200 мг/л, а максимальные достигали 1500 мг/л. Тенденция же увеличения содержания минеральных веществ вниз по течению сохранилась. В створе города Кызыл-Орда их среднегодовые значения изменялись от 1130 до 1320 мг/л, в Казалинске от 1200 до 1410 мг/л. Причинами подобного снижения минерализации поверхностных вод в низовьях Сырдарьи являются, на наш взгляд, сокращение орошаемых площадей и снижение объема коллекторно-дренажных вод, сбрасываемых в верхней части бассейна реки.

Развитие орошаемого земледелия привело к изменению ионного макрокомпонентного состава речной воды в низовьях Сырдарьи. При всех наблюдаемых в последние годы значениях минерализации тип химизма сульфатно-натриевый. Среди анионов содержание гидрокарбонатов стабилизировалось на уровне 130 (Казалинск), 150 (Тюмень-Арык) мг/л, а количество иона хлора увеличилось до 100-120 мг/л, в отдельные сроки при больших значениях минерализации - до 160 мг/л.

Деградация водных и наземных экосистем рассматриваемого региона происходит под воздействием разнообразных факторов. Ведущую роль среди них занимает техногенное загрязнение природных вод. Интенсивное использование в сельском хозяйстве химических удобрений и пестицидов, постоянно увеличивающийся объем сточных и коллекторно-дренажных вод, в бассейне Сырдарьи их объем достигает 6,8 км³ в год, привели к значительному ухудшению качества поверхностных и подземных вод. На протяжении последних лет наблюдаются высокие концентрации тяжелых металлов, ядохимикатов и других токсичных веществ в речной воде. Их значения постоянно увеличиваются, а многие показатели органического загрязнения воды превышают предельно допустимые концентрации (ПДК).

Ниже Чардаринского водохранилища динамика многих поллютантов имеет импульсный характер. Это

связано с разовыми сбросами сточных вод промышленных предприятий и режимом орошения разных сельскохозяйственных культур. Более плавные внутригодовые изменения имеют такие загрязнители как нефтепродукты, гексахлоран, фтор, минеральные вещества. Во всех створах среднегодовые значения содержания пестицидов в воде превышают ПДК. В вегетационный период наблюдаются превышения в 1,5-3 раза. По мере продвижения вниз по течению уровень пестицидной загрязненности увеличивается. В створе ниже г. Кзыл-Орды содержание ДДТ и ДДД достигает в разные годы 3-5 ПДК, на территории современной дельты Сырдарьи содержание линдана и гексахлорана изменяется от 5-7 до 70-90 ПДК. В створе г. Казалинска отмечаются повышенные количества нефтепродуктов и органических веществ. В последние годы, по данным санитарно-гигиенических исследований отмечается повышение уровня бактериологического загрязнения речной воды, что приводит к росту заболеваемости населения инфекционными болезнями: брюшным тифом, гепатитом.

Приведенная выше информация позволяет получить общее представление о состоянии качества поверхностных вод в низовьях Сырдарьи. Однако задача заключается в выявлении причинно-следственных связей возникновения кризисной ситуации с тем, чтобы принимать эффективные меры по их устранению. Решение данной проблемы возможно, на наш взгляд, на основе использования методов многомерной статистики с обязательным содержательным анализом полученных результатов. Так, при использовании компонентного анализа появляется возможность с помощью главных компонент получить формальную запись процессов, формирующих экологическую ситуацию [1, 2, 3]. Глубина предметной интерпретации количественно выраженных результатов зависит во многом от уровня подготовки исследователя.

Компонентный анализ данных, характеризующих состояние поверхностных вод нижнего течения р. Сырдарьи в 1988 г., проведен по 18 режимным створам, каждый из которых характеризовался набо-

ром признаков, отражающих наличие основных загрязняющих веществ: суммарный азот (ΣN), общий фосфор (ΣP), фенол (Фе), нефтепродукты (Неф), смолы (См), синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), пестициды (Σ пест), тяжелые металлы (Сн и Zn), а также общие характеристики качества воды - минерализация (М), процентное содержание растворенного кислорода (O_2) и кислотно-щелочной показатель рН.

В результате обработки исходных данных выделены семь главных компонент, характеризующих 94,78 % суммарной дисперсии системы 18 объектов, описываемых 12 признаками, численные характеристики компонент приведены (табл. 2.). Для 18 объектов с числом степеней свободы 16, значимыми являются коэффициенты корреляции, превышающие значения 0,400 [4]. Поэтому каждая компонента описывается сокращенным набором признаков:

1. + ΣN , O_2 , рН, М, Zn, Σ пест, Сн, См, ΣP , СПАВ, Неф;
2. + СПАВ, Неф, -Сн, Zn, ΣP , Σ пест;
3. + См, Неф;
4. + Фе, Σ пест, -рН, O_2 ;
5. + М, - ΣP ;
6. - Фе;
7. - Неф.

В приведенных формальных записях компонент признаки сгруппированы по знаку нагрузок. Одинаковые знаки перед признаками в компоненте свидетельствуют о прямых пропорциональных с модулем этих нагрузок совместных изменениях.

При разных знаках отображаются обратные изменения, когда рост содержаний поллютантов одной группы сопровождается уменьшением их содержаний в другой группе. Набор признаков в каждой компоненте, полученный по соотношению нагрузок на них, как раз и позволяет проводить содержательную интерпретацию. Знание миграционных свойств каждого поллютанта позволяет выявлять особенности процес-

Таблица 2

Матрица нагрузок главных компонент на признаки для 1988 года

| Признаки | нагрузки на признаки для компоненты N | | | | | | |
|----------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| O ₂ | 0,793 | 0,263 | 0,013 | -0,296 | -0,020 | -0,234 | 0,361 |
| M | 0,706 | 0,361 | -0,241 | -0,142 | 0,420 | 0,277 | -0,092 |
| ΣN | 0,878 | 0,046 | -0,238 | -0,099 | 0,095 | 0,210 | -0,135 |
| ΣP | 0,457 | -0,457 | -0,367 | 0,132 | -0,605 | 0,170 | -0,010 |
| Fe | 0,160 | 0,388 | -0,404 | 0,669 | 0,198 | -0,395 | 0,011 |
| Неф | 0,425 | 0,418 | 0,591 | -0,034 | -0,216 | -0,199 | -0,414 |
| Сп | 0,459 | 0,059 | 0,675 | 0,256 | 0,086 | -0,372 | 0,314 |
| СПАВ | 0,441 | 0,642 | -0,200 | 0,354 | -0,231 | 0,325 | -0,054 |
| Сu | 0,519 | -0,675 | 0,161 | 0,069 | 0,257 | 0,035 | -0,295 |
| Zn | 0,651 | -0,656 | -0,290 | -0,074 | 0,082 | -0,085 | 0,059 |
| Σпест | 0,609 | -0,455 | 0,357 | 0,440 | -0,024 | -0,231 | 0,078 |
| pH | 0,761 | 0,302 | 0,020 | -0,343 | -0,180 | -0,296 | 0,030 |

сов их переноса и переработки в водном потоке. Информацию о процессах дает анализ матрицы компонентных нагрузок, которая строится на основе обработки матрицы парных коэффициентов корреляции, т.е. на основе обработки взаимосвязей всех признаков, характеризующих водную экосистему. Традиционно применение компонентного анализа обычно ограничивают вычислением этой матрицы [5]. Вместе с тем его возможности этим не заканчиваются: решение обратной компонентной задачи - получение матрицы значений компонент для каждого объекта - позволяет получить пространственно дифференцированную характеристику и процессов миграции загрязняющих веществ, т.е. районировать территорию по интенсивности проявления этих процессов. Однако решение таких задач требует большой оперативной машинной памяти и применения языков программирования высокого уровня, использующих блочную структуру памяти. Несложный алгоритм вычисления этой матрицы обрастает довольно сложными программами и поэтому в наборах статистических программ обычно отсутствует. Примером может служить чаще всего применяемый STATGRAF. В данном исследовании применялись программы, приспособленные для решения задач районирования [6].

Первая главная компонента, описывающая 36,3 % суммарной дисперсии, содержит практически весь набор исходных признаков, причем большие нагрузки приходятся не только на загрязняющие вещества, но и на общие характеристики поверхностных вод. В эту компоненту не вошел только один признак - фенол, который часто относят к типичным представителям "свежих" сточных вод. Такой набор и соотношение признаков позволяет интерпретировать первую главную компоненту как формализованную запись процесса транспортировки загрязняющих веществ, сопровождающейся испарительной концентрацией (M) и обогащением воды кислородом (O_2). В ней отображается та часть загрязняющих веществ, которая не успевает переработаться за счет процессов окисления. Нагрузки на загрязняющие вещества и на кис-

лород одинаковы, следовательно, растворенный кислород не участвует в окислении. Скорее всего, здесь преобладает транспортировка загрязняющих веществ носителями биогенного происхождения, возможно - коллоидами. Свидетельством этому является присутствие в этой компоненте суммарного азота, имеющего самую большую нагрузку в компоненте, и общего фосфора.

Распределение значений этой компоненты по створам показывает, что максимальные ее значения приходятся на створы, расположенные на р. Бадам - в с. Обручевка (2,112) и ниже свинцового завода (1,785). Повышенные значения этой компоненты свидетельствуют о наибольшей интенсивности переноса загрязняющих веществ в соответствующих створах реки. Такие значения отмечаются также в створах, расположенных на р. Сырдарье - в г. Кызыл-Орда (1,138), г. Чардара (1,125), а также на р. Арысь - с. Шенгельды. Минимальные количества общего загрязнения, отрицательные значения компоненты, отмечены в створах на р. Жебаглысу - с. Ново-Николаевка и на р. Баралдай - с. Васильевка, т.е. в предгорной зоне, как и следовало ожидать. Из сравнения значений компоненты по створам р. Сырдарьи видно, что интенсивность процесса биогенной транспортировки общего количества загрязнений из Узбекистана, створ в г. Чардара, меньше, чем местное загрязнение, т.е. Чардаринское водохранилище является в определенной мере гидродинамическим барьером на пути загрязняющих веществ.

Вторая главная компонента, характеризующая 19,3 % суммарной дисперсии, с положительными нагрузками объединила синтетические поверхностно-активные вещества, нефтепродукты, фенол. С отрицательными нагрузками объединились признаки, характеризующие сельскохозяйственное загрязнение поверхностных вод: ΣP - удобрения, Σ лест - обработка посевов, Cu и Zn - мелиоранты. Последние два признака также могут иметь сельскохозяйственное происхождение, поскольку семена риса обрабатывались Zn для повышения урожайности, а Cu как

составная часть медного купороса, применяется для обработки всходов риса. Высокая нагрузка на Zn возможна и из-за сбросов промышленных сточных вод свинцового завода, поэтому вторую главную компоненту можно интерпретировать как отображение начальной стадии переработки производственных загрязнителей как промышленных, так и сельскохозяйственных. Такая трактовка подтверждается также и распределением знаков и величин компонентных нагрузок (табл. 2). Признак самоочистения - растворенный кислород имеет противоположный знак именно с Cu, Zn, ΣP и $\Sigma \text{пест}$, а небольшая величина нагрузки на него характеризует начальную стадию процесса. В створах с большими по модулю отрицательными значениями этой компоненты - совместный рост значений Cu, Zn, ΣP , $\Sigma \text{пест}$ - количество растворенного кислорода уменьшается. Эта же компонента характеризует и разные скорости и характер переработки загрязняющих веществ, имеющих "нефтяное" происхождение, и остальных "производственных" загрязнителей.

Итак, области распространения отрицательных значений второй главной компоненты отображают участки с частично переработанным производственным загрязнением - окислением, т.е. это фактически места достаточно близко расположенные от источника производственного загрязнения, когда еще не происходит переработки загрязнений "нефтяного" происхождения. Последний факт и отмечают области положительных значений компоненты.

Наибольшие отрицательные значения второй главной компоненты приходятся на створы, расположенные на р. Бадан ниже свинцового завода (1,521) и в с. Обручевка (1,361), что свидетельствует о главной роли свинцового завода в производственном загрязнении низовий бассейна р. Сырдарья.

Третья главная компонента, характеризующая 12,5% суммарной дисперсии 12 признаков системы из 18 створов, со значимыми, превышающими 0,400, нагрузками выделила только смолы, нефтепродукты и фенолы, причем первые два признака имеют положи-

тельные, а третий - отрицательный знак нагрузки. Кислород здесь имеет самую небольшую по модулю нагрузку, т.е. эта компонента описывает не окислительный процесс переработки, а, скорее, биогенный. Признаки, имеющие биогенное происхождение - ΣN и ΣP - в этой компоненте имеют отрицательный знак нагрузок, т.е. третья главная компонента характеризует биогенную переработку смол и нефтепродуктов, с одной стороны, и транспортировку фенолов носителями биогенного происхождения, с другой. Такая интерпретация вытекает из соотношения знаков и величин нагрузок: одинаковый их знак у фенола и "биогенных" признаков свидетельствует о совместном росте и уменьшении содержаний этих признаков.

Самые большие положительные значения этой компоненты приходятся на створы, расположенные на р. Бадам - с. Обручевка (2,016), р. Кокбулак - с. Пистели (1,928), р. Арысь - с. Шенгельды (1,000). Наибольшие отрицательные значения третьей главной компоненты отмечены в створах на р. Сырдарье - г. Чардара (1,259) и г. Казалинск (1,071) и на р. Бадам ниже свинцового завода (1,764).

Четвертая главная компонента, объясняющая 9,1 % суммарной дисперсии 12 признаков системы из 18 створов, со значимыми положительными нагрузками объединила только Fe и $\Sigma_{пест}$. Кислород имеет отрицательную нагрузку, следовательно, эта компонента характеризует процессы самоочищения поверхностных вод (окисление) фенолов и пестицидов. Самые большие положительные значения компонента имеет в створе на р. Сырдарье - г. Чардара (2,205) и р. Бадам - с. Обручевка (1,164).

Пятая главная компонента, описывающая 6,70 % суммарной дисперсии, со значимыми нагрузками выделила минерализацию - положительный знак и общий фосфор - отрицательный, т.е. эта компонента характеризует увеличение минерализации и поступление в поверхностные воды фосфора различного происхождения. Самые большие положительные значения эта компонента имеет в створе на р. Сырдарье ниже г. Кзыл-Орда.

Шестая (6,40 %) и седьмая (4,40 %) главные компоненты со значимыми нагрузками выделены только по одному признаку, поэтому области отрицательных значений шестой главной компоненты отметят створы с повышенным содержанием фенолов, а седьмой - нефтепродуктов.

Главные компоненты описывают преимущественно транспортировку загрязняющих веществ. Процессы их переработки дают весьма малый вклад - немного больше 21 % в суммарную дисперсию признаков. Такая картина характерна для 1988 г. Запись компонент, отражающая наиболее тесные взаимосвязи между исходными признаками, свидетельствует, что к построению индекса загрязнения нельзя подходить с позиций выборочных загрязнителей. Как показывают результаты компонентного анализа все они участвуют в формировании качества воды и процессах переноса, т.е. более полное представление о степени загрязненности реки даст суммирование отношений концентраций всех загрязнителей к их предельно допустимым концентрациям. Такая комплексная оценка не вызывает затруднений в случае полного набора определений показателей, однако значительная их стоимость требует построения других оценок. Здесь незаменимы методы многомерной статистики: с одной стороны, с их помощью можно установить степень адекватности различных индексов по охвату суммарной дисперсии загрязняющих поллютантов, а другой стороны, они позволяют перейти к районированию по интенсивности процессов переноса, которые полнее отражают экологическое состояние бассейна. Для снижения затрат на получение исходной информации можно привлечь различные способы ее восполнения, опять-таки на основе установленных взаимосвязей. Классическая модель компонентного анализа относится к классу описательных статистических моделей. Она способна дать объективную картину гидрогеохимической обстановки на определенный момент времени, но не приспособлена для прослеживания развития процессов переноса-

са и переработки загрязнителей во времени по режимным данным. Последовательная статистическая обработка не решает проблемы, т.к. разница в величинах нагрузок на признаки не позволяет сравнивать между собой значения компонент в точках опробования, характеризующих интенсивность проявления процессов. Выход нам представляется в совмещении возможностей двух классических методов - оценки скорости продвижения границы очага загрязнения по изолинейным картам динамики концентраций и характеристики процесса загрязнения на основе компонентного анализа. С этой целью разработан метод стандартных нагрузок, суть которого заключается в том, что гидрогеохимическая обстановка на какой-то момент времени выбирается за стандартную и интенсивность процессов, ее формирующих, сравнивается с интенсивностями на все остальные моменты времени [6]. Математически это выражается в выборе матрицы стандартных компонентных нагрузок (A_{CT}) и расчете матрицы значений компонент в точках опробования для всех моментов времени в системе этих нагрузок - $F_t(A_{CT})$. Таким образом обеспечивается сравнимость статистических результатов.

Очень простой вывод алгоритма этого метода строится на записи модели компонентного анализа в системе стандартных нагрузок (A_{CT}):

$$Y_t [M \times N] = A_{CT} [M \times Q] * F_t(A_{CT}) [Q \times N],$$

где $Y_t [M \times N]$ - нормированная матрица исходных данных на определенный момент времени t , M - число признаков, N - число объектов, Q - число главных компонент, которое обеспечивает учет заранее заданной доли суммарной дисперсии системы, определяющей точность модели.

Решая это уравнение методами матричной алгебры, получим алгоритм метода стандартных нагрузок:

$$F_t(A_{CT})[Q \times N] = L_{CT}^{-1}[Q \times Q] * A_{CT}'[Q \times M] * Y_t[M \times N],$$

где L_{CT}^{-1} - диагональная матрица собственных чисел матрицы парных коэффициентов корреляции признаков исходной стандартной матрицы. Запись алгоритма показывает, что на разные моменты времени должно совпадать только число признаков, число же объектов (створов) может и не совпадать, т.е. алгоритм применим для случая расширения наблюдательной сети, в этом случае только желательно выбирать стандартную матрицу по наиболее полным данным. С помощью реализующей этот алгоритм программы, написанной программистом Т.Ф.Савиной, были просчитаны гидрогеохимические данные на 1983 г., причем за стандартную была выбрана матрица компонентных нагрузок на 1988 г.

Поскольку положение створов для этих двух моментов времени совпадает лишь частично, в таблице 3 приводятся значения компонент только для этих створов. Как видно из данных таблицы 3, общее загрязнение воды в 1983 году выше, чем в 1988 году во всех створах, кроме створов, расположенных на р.Сырдарье в гг. Чардара и Кзыл-Орда. Во всех створах отмечилась гораздо большая интенсивность транспортировки загрязняющих веществ, причем увеличение это весьма значительное.

Значения первой главной компоненты на 1983 г. в створе р. Сырдарья - с. Кокбулак составили 11,588, р. Бадам - с. Обручевка - 5,009, р. Келес - с. Степное - 4,027, т.е. в 1988 году обстановка улучшается везде кроме Чардаринского водохранилища и г. Кзыл-Орда.

Вторая главная компонента на 1983 г. во всех общих створах имеет положительное значение, т.е. условия для начальной стадии переработки производственных загрязнений в 1988 г. лучше, чем в 1983 г. Третья главная компонента везде, кроме створа на р. Бадам, показала увеличенную, по сравнению с 1988 г., биогенную переработку смол и нефтепродуктов, а четвертая - большую интенсивность окисления Fe и Σпест. Интенсивность процес-

Таблица 3

Сравнение значений главных компонент
на 1988 и 1983 гг. в стандартной системе

| Расположение гидрометрического поста | Значения главных компонент по годам | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | 1988 | 1983 | 1988 | 1983 | 1988 | 1983 | 1988 | 1983 |
| Сырдарья-Кокбулак водохранилище - | 0,480 | 11,588 | 0,773 | 9,376 | 0,758 | 29,361 | -0,494 | 36,103 |
| г. Чардара | 0,958 | 0,634 | 0,077 | 0,569 | -0,409 | 0,902 | -1,260 | -1,115 |
| р. Сырдарья - г. Кзыл-Орда | 1,138 | 0,732 | -1,314 | 0,213 | -0,084 | 2,293 | -1,016 | 0,239 |
| р. Сырдарья - г. Казалинск | 0,626 | 0,624 | 1,434 | 0,403 | -1,071 | 1,531 | 0,796 | -0,443 |
| р. Келес - с. Степное | 0,621 | 4,027 | 0,693 | 2,123 | -0,594 | 11,761 | -0,427 | 7,035 |
| р. Бадам - с. Обручевка | 2,112 | 5,009 | -1,361 | 10,355 | 2,016 | -9,881 | 1,164 | 38,274 |

са транспортировки в 1983 году выше, чем в 1988 году и поэтому несмотря на более интенсивное самоочищение, можно считать, что в 1983 г. общая загрязненность выше, по сравнению с 1988 г. Таким образом подтверждаются факты, отмеченные в первой части статьи на основе анализа режимных данных по отдельным составляющим и сопоставлением их графиков. В задаче приведено сравнение лишь двух матриц, хотя такое сопоставление возможно для всего периода наблюдений.

Компонентный анализ определений поллютантов дает возможность оценить иерархию процессов их переноса с водным стоком и районировать территорию бассейна реки по степени интенсивности этих процессов, а метод стандартных нагрузок позволяет сравнивать между собой как состояния водных экосистем за разные периоды наблюдений, так и различные в экологическом отношении участки бассейна, поскольку за стандарт можно выбрать самый благополучный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богачев В.П., Павличенко Л.М., Попов Ю.М. Комплексная оценка качества природных вод: подходы и методы // Вестник КазГУ. Серия географическая. - Вып. 2. - 1995. - С. 151-162.
2. Иберла К. Факторный анализ. - М.: Статистика, 1980. - 398 с.
3. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. - М.: Мир, 1981. - 252 с.
4. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. - М.: Наука, 1983. - 416 с.
5. Созинов А.А. Комплексная оценка и классификация качества вод экосистемы Дуная // Водные ресурсы, 1993. - Т. 20. - № 4. - С. 552-560.
6. Павличенко Л.М. Система многомерных статистических моделей анализа неполных эколого-гидрогеологических данных // Вопросы изучения водных ресурсов Центральной Азии. Алматы: Гылым, 1993. - С. 89-103.

7. Кузнецов Н.Т., Клюканова И.А., Николаева Р.В.
Некоторые гидрологические аспекты Аральского
моря // Водные ресурсы, 1978. - N 1. - С.72-82.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Казахский Государственный Национальный
Университет им. аль-Фараби

СУДЫҢ САПАСЫНА КЕШЕНДІ БАРА
БЕРУ ҮШІН СЫРДАРИЯ ӨЗЕНІНІҢ
ЛАСТАНУЫН ЗЕРТТЕУ

Ауыл-ш. ғ. канд. Ю.М.Полов
Техн. ғ. канд. Л.М. Павличенко
Ауыл-ш. ғ. канд. В.П. Богачев

Сырдария ө. суының азаюмнан лай мен салыңдылар ағысының өзгерістері талданады. Көп өлшемді статистикалық әдісін қолдану негізінде иерархиялы тасымалдық процестер моделі құрылады және жер үсті суының ағыстық екіні дәрежесі бойынша өзен сапасындағы ауақтарда өзін өзі тұндырады.

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ УЧЕБНЫЕ КУРСЫ ПО РАБОТЕ И УСТАНОВКЕ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ
ФИРМЫ SEBA**

Главное управление по гидрометеорологии Республики Казахстан, как и четыре другие национальные гидрометслужбы (НГМС) Каспийского региона, от Всемирной метеорологической организации безвозмездно получило автоматическую гидрометеорологическую станцию фирмы SEBA (Германия, Гамбург). Данная станция позволяет определять метеорологические характеристики, такие как атмосферное давление, влажность и температура воздуха, скорость ветра, а также уровень воды моря. Кроме того, в комплект станции входят персональный компьютер и программное обеспечение. Стоимость одного комплекта такой гидрометстанции составляет 14.4 тысячи долларов США.

Специалистами фирмы SEBA планировалось обучить персонал станций на местах в каждой из прикаспийских стран. Исходя из экономической целесообразности, было решено провести обучение в г. Бандар Анзали, расположенного на иранском побережье Каспийского моря, куда и были приглашены специалисты из НГМС Республики Казахстан, Российской Федерации, Республики Азербайджан и Туркмении. Дорожные расходы участников семинара компенсировала фирма SEBA, а расходы на проживание и питание взяла на себя Метеорологическая организация Исламской Республики Иран (IRIMO).

Специалистами Каспийского океанографического центра IRIMO (г. Бандар Анзали) была проведена подготовительная работа: установлена станция на побережье Каспийского моря, оборудован учебный класс.

Обучение проходило в течение двух дней, 23-24 апреля 1996 года. Программа обучения была очень напряженной. Первый день был посвящен изу-

чению программных средств по обработке данных, а также получению навыков в работе с приемной аппаратурой станции. Во второй день обучались подключению датчиков станции к приемной аппаратуре. Процесс обучения был построен таким образом, что бы каждый из обучающихся смог индивидуально поработать на этом оборудовании.

Обучение проводил менеджер фирмы SEBA Вольфганг Цаше. Лекции были на английском языке с переводом на фарси, а затем на русский язык. Такой двойной перевод создавал определенные трудности для незнающих английский язык. Но в целом, из-за совмещения лекций с практическими занятиями, обучение проходило довольно легко.

В перерывах между занятиями было посещение метеостанции, расположенной на территории океанографического центра. Участники семинара из стран СНГ были приятно удивлены оснащением этой станции. Обычная станция была оснащена двумя компьютерами, современной и телексной связью, факсимильной аппаратурой.

Участие в семинаре оказалось очень полезным для специалистов. Выделенную Казгидромету станцию планируется установить летом 1996 года на побережье Каспийского моря на острове Пешной, возле имеющейся там метеостанции. Теперь стоит задача передать полученные знания работникам этой станции, которые будут проводить наблюдения.

С.К. Базарбаев

