

Қазақстан Республикасының
экология және табиғи
ресурстар министрлігі

Министерство
экологии и природных ресурсов
Республики Казахстан

Республикалық мемлекеттік
қазыналық кәсіпорын
"Қазгидромет"

Республиканское
государственное предприятие
"Казгидромет"

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

Әр тоқсанда шығарылатын
ғылыми - техникалық журнал

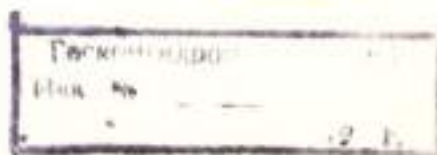
№ 3 - 4

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный
научно - технический журнал



АЛМАТЫ
1998



Редакционный совет

Шамен А.М., Генеральный директор Казгидромета, директор КазНИИМОСК, канд. экон. наук (председатель); Байтулин И.О., академик АН РК, доктор биолог. наук (зам. председателя); Ахмеджанов Т.К., доктор техн. наук, зав. отделом ДАНК МН-АН РК; Ахметов А.С., академик Инженерной АН РК, доктор техн. наук, председатель Комитета по вопросам экологии природопользования Мажлиса Парламента РК; Бейсенова А.С., декан геогр. факультета АГУ им. Абая, чл. - корр. АН РК, доктор геогр. наук; Бишимбаев В.К., чл. - корр. АН РК, доктор техн. наук, ректор Таразского университета им. Х. Дулати; Боздырев В.М., декан геогр. факультета КазГУ им. аль-Фараби, доктор геогр. наук; Госсен Э.Ф., академик АН РК, доктор с.-х. наук; Рыбцев А.Д., зам. председателя Комитета по водным ресурсам Минсельхоза; Северский И.В., директор института географии МН-АН РК, чл. - корр. АН РК, доктор геогр. наук; Чередниченко В.С., зав. кафедрой метеорологии КазГУ им. аль-Фараби, академик АН Высшей школы, доктор геогр. наук; Чигаркин А.В., зав. кафедрой геоэкологии и мониторинга природной среды КазГУ им. аль-Фараби, доктор геогр. наук.

Редакционная коллегия

Чичасов Г.Н., зам. директора КазНИИМОСК, доктор геогр. наук (председатель); Кожажметов П.Ж., начальник Бюро погоды, канд. техн. наук (зам. председателя); Семенов О.Е., канд. физ.-мат. наук (ответственный секретарь); Бурлибаев М.Ж., канд. географ. наук; Голубцов В.В., канд. геогр. наук; Степанов Б.С., канд. техн. наук.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 3-4

©

Журнал выходит 4 раза в год

Регистрационное свидетельство № 1538

Министерства печати РК.

Подписной индекс 75855

Подписано к печати 25.12.98 г. Формат бумаги 70 x 100 1/16.

Объем 12,3 п.л. Заказ 111. Тираж 500

ТОО "Гидрометполиграф", г. Алматы, пр. Абая, 32

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

- А. В. Череди́ченко**
О распределении конвективной облачности над юго-востоком Казахстана 7
- А. М. Шамен, Г. Р. Сафаргалеева**
Маркетинг в гидрометеорологическом обслуживании Казахстана..... 19
- А. В. Белый**
О связях уровня загрязненности воздушного бассейна с изменчивостью погодных условий..... 27
- Б. С. Степанов, Р. К. Яфязова**
О ключевой роли температуры в процессах абляции в условиях ледникового континентального климата..... 40
- Т. С. Степанова, Л. И. Бусалаева**
К вопросу моделирования селеформирующих дождей..... 50
- М. Ж. Бурлибаев**
Об одной задаче оценки сравнительной устойчивости речной экосистемы из детерминированного равновесного состояния ее развития..... 69
- М. Ж. Бурлибаев, Л. М. Павличенко, О. Г. Шестернева**
К концепции комплексной оценки качества поверхностных вод..... 86
- В. П. Благовещенский, А. Л. Кокарев, А. В. Степанов**
Методика оценки лавинного риска..... 113

М. М. Бураков, О. В. Подольный К концепции оптимизации наблюдательной сети государственного мониторинга подземных вод.....	127
А. П. Горбунов, Э. В. Северский Оценка запасов подземных льдов Северного Тянь-Шаня.....	138
Г. С. Айдарханова $^{137}\text{C}_6$ и корневая система растений.....	151
А. Б. Бегалинов Оценка влияния золотодобывающей отрасли на экологическое состояние регионов и пути ее совершенствование.....	157

CONTENTS

SCIENTIFIC ARTICLES

- A.V. Cherednichemko**
On the disperse of convective cloudness over the South-East Kazakhstan 7
- A.M. Shamen, G.R. Safargalieva**
Marketing in hydrometeorological service of Kazakhstan 19
- A.V. Belly**
On the connections between the level of pollution of the air basin and weather conditions variability 27
- B.S. Stepanov, R.K. Yafyazova**
On the key role of temperature in ablation processes in conditions of ice continental climate..... 40
- T.S. Stepanova, L.I. Busalaeva**
On the question of modelling of mudflow-forming rains..... 50
- M.Zh. Burlibaev**
On the task of assessment of comparatevely sustainability of river ecosystem from the determinated balanced conditions of its development..... 69
- M.Zh Burlibaev, L.M. Pavlichenko, O.G. Shesterneva**
On the conception of complex assessment of surface waters quality..... 86
- V.P. Blagoveschensky, A.L. Kokarev, A.V. Stepanov**
Methodology of avalanche risk estimation 113

M.M. Burakov, O.V. Podolny On the conception for optimization of observation network of the state underground waters monitoring.....	127
A.P. Gorbunov, E.V. Seversky Assessment of underground ice storage in Northern Tien-Shan.....	138
G.S. Aydarkhanova ¹³⁷ C, and the root system of plants.....	151
A.B. Begalinov Assessment of gold mining impact on the ecological conditions of regions and the ways for its improvement.....	157

УДК 551.(515.4+501.81)

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ КОНВЕКТИВНОЙ ОБЛАЧНОСТИ НАД ЮГО-ВОСТОКОМ КАЗАХСТАНА

А. В. Чердниченко

Рассмотрена повторяемость конвективной облачности и гроз над юго-востоком Казахстана по данным наблюдений метеорологических радиолокаторов (МРЛ) Алматы, Балхаш, Жаркент. Предложен и применен метод коррекции повторяемости конвективных облаков, определенной по данным МРЛ, в зависимости от их удаленности от радара. В качестве примера приведена единая для всего юго-востока Казахстана карта-схема распределения конвективных облаков в июле.

Конвективные облака и связанные с ними грозы представляют большую опасность для авиации, поэтому изучению конвективной облачности и прогнозу гроз, а также ливневых осадков уделяется много внимания. Чрезвычайно важно также знать распределение повторяемости конвективной облачности над различными районами, что позволит судить о степени безопасности полетов над ними. Кроме того с нею тесно связана повторяемость ливневых осадков, что представляет интерес для сельского хозяйства и других отраслей экономики. Повторяемость конвективной облачности и другие ее характеристики достаточно хорошо изучены по данным наблюдений метеорологических станций. Однако эти данные обладают одним существенным недостатком: метеостанции отмечают наличие конвективной облачности, начало и конец выпадения осадков, гроз, однако местоположение облачности не фиксируется. Кроме того, сеть метеостанций все еще редка, а очаги гроз относительно невелики, поэтому многие грозы вообще не фиксируются.

Целью данной работы было изучение повторяемости конвективной облачности и гроз над юго-востоком Казахстана по

данным наблюдений не только метеостанций, но и метеорологических радиолокаторов. Юго-восток Казахстана является развитым в экономическом отношении регионом с высокой плотностью населения. Здесь расположен крупнейший в Казахстане аэропорт Алматы, аэропорты Тараз и Балхаш, и проходит большое число международных авиационных линий. Все это делает проблему изучения конвективной облачности и гроз в этом регионе особенно актуальной.

В отличие от метеостанций МРЛ фиксирует местоположение конвективной облачности и ее горизонтальные размеры в радиусе до 300 км с точностью не менее 1-2 км [6]. Кроме того, МРЛ позволяет распознавать конвективные облака, замаскированные другими типами облачности. Вышеотмеченное свойство делает информацию МРЛ чрезвычайно ценной для изучения распределения конвективной облачности и гроз по территории. Результаты таких исследований по данным наблюдений отдельных МРЛ содержатся в ряде работ, например [3,4,7,8 и др.]. К сожалению, вероятность обнаружения конвективной облачности с помощью МРЛ с расстоянием уменьшается. В радиусе до 100 км фиксируется практически вся конвективная облачность, а с увеличением расстояния вероятность ее обнаружения постепенно снижается [1,6] под влиянием таких факторов, как кривизна Земли; ослабление отраженного сигнала, приходящего от облаков, находящихся на большом расстоянии; невозможность вести наблюдения за облаками в дальней зоне под углом места, близким к 0° . Из-за помех от строений и других объектов такие наблюдения ведут под углами $0,5-1,5^\circ$. Нами обстоятельно проанализированы перечисленные выше факторы с тем, чтобы найти способ их учета.

Анализ вышеперечисленных факторов показывает, что их влияние нарастает постепенно, и оно может быть учтено. Представляется, что один из способов точного учета уменьшения вероятности обнаружения облачности с расстоянием может быть основан на знании спектра распределения некоторых характеристик конвективной облачности, например высоты их верхней границы или отражаемости. Однако радиолокационная отражаемость измеряется в относительно небольшом диапазоне, а малые значения отражаемости не измеряются вообще. Поэтому, по нашему мнению, более

целесообразно использовать данные о спектре высот верхней границы конвективных облаков. Согласно исследованиям [7], распределение высоты верхней границы конвективной облачности подчиняется закону распределения Максвелла. Как известно, параметры его легко получаются из нормального закона распределения. Спектр распределения верхней границы облаков для конкретного сезона, видимо, определяется двумя основными факторами: крупномасштабными синоптическими процессами в данном регионе и местоположением самого региона. Естественно поэтому предположить, что в радиусе действия конкретного МРЛ, т.е. в радиусе 300 км, спектр распределения верхней границы конвективных облаков одинаковый. В радиусе примерно до 100 км МРЛ обнаруживает весь спектр конвективных облаков. С увеличением расстояния часть этого спектра уже не фиксируется, сначала не распознается облачность с минимальными высотами верхней границы, а затем и более мощные облака.

В работе [1] показано, например, что конвективные облака, имеющие малую мощность, состоят из более мелких капель. Следовательно, радиолокационная отражаемость от таких облаков меньше, чем от более мощных, что затрудняет их обнаружение. Кроме того, с расстоянием из-за кривизны Земли и из-за того, что приходится наблюдать облачность под некоторыми положительными углами, часть облаков оказывается ниже квазигоризонтальной плоскости, где ведет наблюдения МРЛ, и тоже не обнаруживается. Таким образом, с увеличением расстояния удается зафиксировать только более мощные конвективные облака, т.е. только долю полного спектра. Поскольку мы, исходя из физических соображений, предположили, что спектр высоты верхней границы облачности во всем радиусе наблюдений одинаков, то задача сводится к тому, чтобы по обнаруживаемой его части восстанавливать весь спектр. Для этого необходимо знать также закон изменения доли выявленного спектра с расстоянием. Как уже отмечалось выше, число случаев обнаруживаемой конвективной облачности постепенно уменьшается. Очевидно, что это и есть следствие сокращения спектра распознанных облаков. Следовательно, закон уменьшения повторяемости обнаруживаемых конвективных облаков является одновременно и законом изменения с расстоянием доли выявленного

спектра. Рассмотрев достаточно большой объем статистического материала, мы попытались установить закон уменьшения повторяемости конвективной облачности с расстоянием от МРЛ, с тем, чтобы затем восстановить полный спектр облачности во всем диапазоне наблюдений радиолокатора.

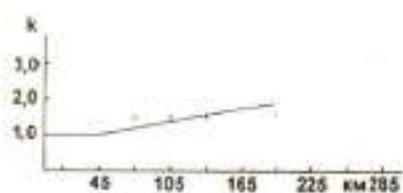
Задача усложняется тем, что повторяемость конвективной облачности в районе наблюдений может быть достаточно изменчивой, в основном из-за влияния орографии. Так, на наветренных склонах гор, а также у отдельно расположенных возвышенностей повторяемость конвективной облачности, как правило, выше, чем над равниной [1,2,5,6]. Это существенно искажает ход ее изменения с расстоянием, и необходим какой-то метод учета данного факта. Аналогичная попытка была предпринята в [7], где предложен метод учета, основанный на аналитической аппроксимации данных о высоте верхней границы радиоэха распределением Максвелла. Однако влияние орографии в предложенном методе не учитывалось, и поэтому для расстояний 200 км и более результаты коррекции оказались не вполне надежными. Потребовалось уточнение метода коррекции. Авторы других работ [3,4] вообще не подвергали данные наблюдений МРЛ коррекции на расстояние. Поэтому им удалось уточнить только положение областей экстремумов повторяемости конвективных облаков над исследуемыми районами.

Влияние названного фактора можно исключить, если изучать изменение повторяемости облаков не в одном каком-то направлении, а для всех случаев наблюдений вести осреднения по концентрическим окружностям с шагом 30 км до максимального радиуса действия МРЛ. Тогда максимум повторяемости облаков, например на расстоянии 150 км к северу от МРЛ, будет компенсироваться минимумом повторяемости на этом же расстоянии к западу или к востоку от МРЛ и так далее. Вышеперечисленные соображения положены в основу методики выполнения данной работы. Карта распределения конвективной облачности над юго-востоком Казахстана строилась по данным наблюдений в синоптические сроки за длительный период с 1951 по 1961 г. Трехлетний период выбран минимально возможным для получения статистически обеспеченного результата.

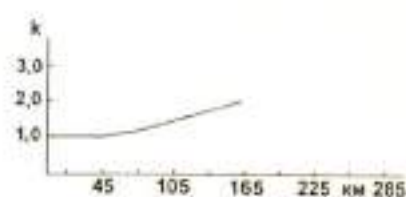
Методику обработки и результаты рассмотрим на примере данных МРЛ Балхаш. Карты повторяемости конвективной облачности строились для срединных месяцев сезонов, т.е. января, апреля, июля, октября. Для каждого из 8 синоптических сроков подсчитывалась повторяемость конвективной облачности по квадратам 30 x 30 км во всем радиусе наблюдений радара. Затем для повышения статистической надежности расчетов они были разделены на две группы: день и ночь. Сборные карты повторяемости строились по четырем срокам наблюдений в каждой группе. Далее для concentрических окружностей в диапазоне от 90 до 300 км подсчитывалась суммарная повторяемость конвективной облачности. На основе этих данных строились зависимости изменения повторяемости с расстоянием для дня и для ночи срединных месяцев сезонов. На рис. 1 представлены такие графики для МРЛ Балхаш. Их анализ представляет интерес и приводится ниже.

Так, в январе конвективная облачность и грозы обнаруживаются радаром до расстояния 210 км. Убывание повторяемости конвективных облаков с расстоянием происходит медленно, оно начинается примерно с 70 км. На предельном удалении, а именно на расстоянии около 200 км, средняя повторяемость уменьшается в 2 раза, т.е. наблюдается около половины спектра конвективной облачности. Ночью уменьшение повторяемости происходит несколько быстрее, чем днем, и соответственно ночью коэффициент убывания (K) повторяемости равен 2,3, а днем – 1,8. Значения повторяемости в январе и днем и ночью лежат очень близко к аппроксимируемой кривой, значит влияние подстилающей поверхности и орографии и днем и ночью относительно невелико, т.е. повторяемость конвективной облачности мало изменяется по территории. В апреле максимальные коэффициенты убывания повторяемости на том же расстоянии около 200 км составляют 2,5 – ночью и 2,8 – днем. Радиус обнаружения конвективных облаков днем на 60-80 км больше, чем ночью. Более быстрое убывание повторяемости с расстоянием в апреле по сравнению с январем является несколько неожиданным, поскольку фактор, играющий большую роль в формировании конвективных облаков, в первом случае значительно выше, чем во втором.

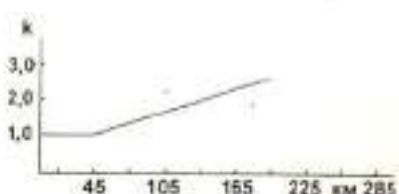
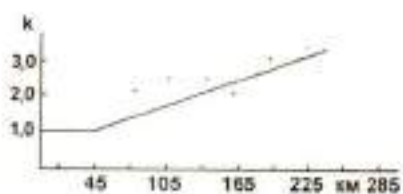
а



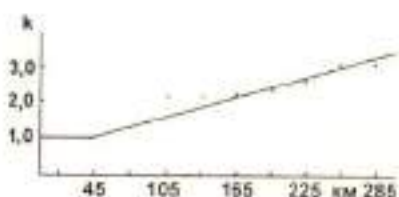
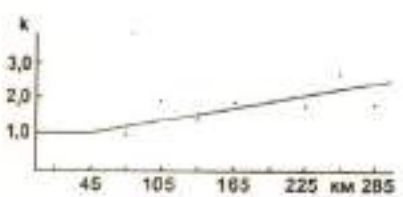
б



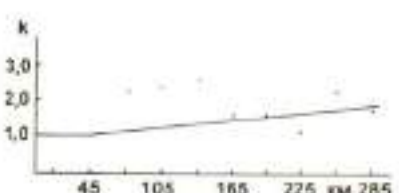
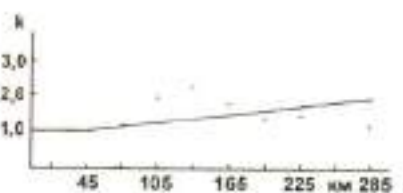
Январь



Апрель



Июль



Октябрь

Рис. 1. Вероятность обнаружения конвективных облаков с расстоянием в срединные месяцы сезонов днем (а) и ночью (б) по данным измерений МРЛ Балхаш.

Более быстрое убывание повторяемости конвективной облачности в апреле может быть объяснено орографическими особенностями. Так, акватория озера Балхаш в апреле остается достаточно холодной, что не способствует образованию конвективных облаков. Относительно низкую температуру имеют западные и северо-западные склоны Джунгарского Алатау, а также Казахский мелкосопочник, расположенный к северу, северо-западу и северо-востоку от Балхаша. Для этого месяца характерен также значительный разброс повторяемостей относительно кривой аппроксимации. Он больше, чем в любом другом сезоне, что указывает на существенную роль температуры подстилающей поверхности в образовании конвективной облачности, а также значительную изменчивость такой температуры по территории.

В июле и октябре МРЛ может наблюдать конвективную облачность до максимального расстояния 300 км. Коэффициент убывания на этом расстоянии в июле составляет 3,1 – ночью, 2,1 – днем. Более медленное убывание повторяемости конвективных облаков днем по сравнению с ночью считается естественным, поскольку условия для конвекции днем в целом благоприятнее. В октябре коэффициенты убывания на максимальном расстоянии 300 км несколько меньше, чем в июле, они равны 1,8 – ночью и 1,7 – днем. Близость значений коэффициентов указывает на уменьшение влияния температурного прогрева подстилающей поверхности на образование конвективных облаков в дневное время. Однако разброс значений повторяемости относительно кривой аппроксимации тоже достаточно большой, т.е. диапазон изменения температуры подстилающей поверхности в районе наблюдений велик.

Рассмотрим теперь особенности распределения повторяемости конвективной облачности в районе Балхаша по сезонам года. Зимой, в январе, конвективная облачность наблюдается преимущественно в ночное время. Наиболее вероятным местом ее образования является район, расположенный в 220 – 240 км к юго-западу от Балхаша. Данная область высокой повторяемости конвективных облаков имеет ширину около 50 - 70 км и длину около 200 км, она ориентирована с юго-запада на северо-восток. Вторая область расположена к запад - северо-западу от Балхаша на расстоянии 60 – 200 км, т.е. над юго-западными склонами Казахского

мелкосопочника. В дневное время конвективная облачность наблюдается в тех же районах, однако повторяемость ее заметно ниже. И днем, и ночью в январе конвективная облачность довольно часто наблюдается в радиусе до 90 км от радара, примерно с равной вероятностью во всех направлениях.

Весной, в апреле, область наибольшей повторяемости конвективных облаков и днем и ночью располагается над северо-западными склонами Джунгарского Алатау на расстоянии от 150 до 280 км от радара. Повторяемость конвективной облачности здесь днем и ночью примерно одинакова. Вторая область повышенной повторяемости конвективных облаков располагается к юго-западу на расстоянии 200 – 240 км от радара, т.е. там же, где и в январе. В этом районе конвективные облака наблюдаются преимущественно ночью. Еще одна область конвективных облаков отмечается к западу от Балхаша на расстоянии 30 – 60 км. И для января, и для апреля характерным является то, что на большей части зоны наблюдений радара конвективная облачность вообще не отмечается ни днем, ни ночью.

Летом, в июле конвективные облака с разной повторяемостью отмечаются над всем районом наблюдения радара (рис.2).

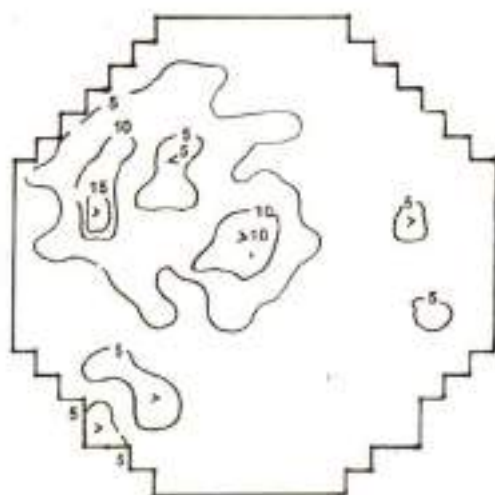


Рис. 2. Значения повторяемости (число случаев) конвективной облачности по данным измерений МРЛ Балхаш в июле ночью.

В то же время области наибольшей повторяемости расположены к юго-западу от Балхаша на расстоянии 180 – 250 км, к западу и северо-западу - на расстоянии 60 – 270 км, а также северу, северо-западу на расстоянии примерно 200 км. На юго-востоке над северо-западными склонами Джунгарского Алатау повторяемость конвективных облаков тоже высокая, однако выраженного ее максимума не наблюдается. Средняя повторяемость конвективных облаков в июле примерно одинакова ночью и днем. Для осени, в октябре, характерной особенностью является низкая повторяемость или полное отсутствие конвективной облачности к северу, северо-востоку от радара, и довольно высокая повторяемость к юго-востоку от него. На юго-восточной половине наблюдений конвективная облачность отмечается, как и в июле, повсеместно, однако средняя ее повторяемость заметно ниже. Область наибольшей повторяемости в этом месяце находится юго-восточнее Балхаша на расстоянии 180 – 250 км от радара. Ночью повторяемость конвективных облаков несколько ниже, чем днем.

Данные об изменении коэффициента убывания конвективных облаков с расстоянием были использованы для корректировки наблюдаемой повторяемости. Для этого значения повторяемости в каждом квадрате 30 x 30 км умножались на коэффициент убывания с учетом удаленности данного квадрата от МРЛ. Таким образом были получены скорректированные значения повторяемости конвективных облаков для всей зоны наблюдений радара. При этом положение областей экстремумов повторяемости не изменилось, увеличилось только значение повторяемости облаков на числовое значение коэффициента убывания. Распределение повторяемости конвективных облаков в июле днем и ночью приведено на рис. 3.

Можно видеть, что скорректированные данные повторяемости конвективных облаков по территории увеличились, особенно на расстоянии более 150 км от радара.

Аналогичные карты-схемы были также построены для Алматы и Жаркента, а затем, на основе наблюдений этих трех радаров, были построены единые карты распределения конвективной облачности в срединные месяцы сезонов для юго-востока Казахстана. Для примера на рис. 4 приведена карта распределения конвективной облачности над юго-востоком Казахстана в июле.

Анализ карт повторяемости конвективной облачности над юго-востоком Казахстана в июле, как и соответствующих карт повторяемости для зоны наблюдений каждого МРЛ, позволяет сделать некоторые выводы.

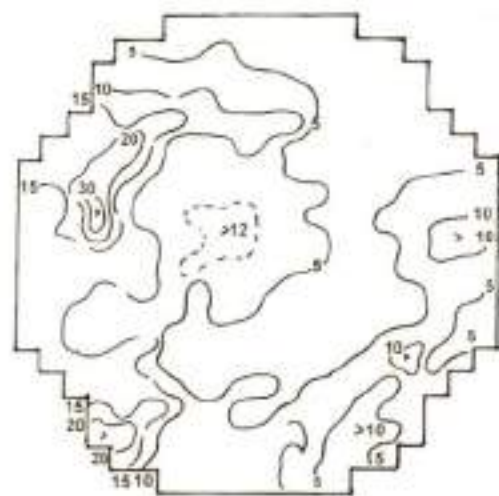


Рис. 3. Скорректированные значения повторяемости (число случаев) конвективной облачности по данным измерений МРЛ Балхаша в июле ночью



Рис. 4. Распределение повторяемости (число случаев) конвективной облачности над юго-востоком Казахстана в июле

Так, например, все максимумы повторяемости наблюдаются у наветренных склонов гор. Поскольку летом конвективная облачность и грозы связаны с вторжениями холодных воздушных масс, то максимумы повторяемости наблюдаются на северо-западных и даже северных склонах гор. Весной и осенью грозы связаны с выносом теплых влажных воздушных масс в системах южных циклонов, соответственно, максимумы повторяемости наблюдаются на юго-западных склонах гор. Отмеченные выше закономерности заметно искажаются влиянием орографии. Так, отдельно стоящие возвышенности существенно увеличивают повторяемость конвективных облаков. Минимумы повторяемости конвективных облаков в основном связаны с подветренными склонами гор. В целом распределение повторяемости конвективной облачности над регионом носит сложный характер и не всегда может быть объяснено физическими факторами, отмеченными выше. Именно поэтому и необходима климатическая карта повторяемости конвективных облаков, откорректированная на основе наблюдений МРЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Априамашвили Н. Ш., Ватыян М.Р. Исследование пространственно-временного распределения некоторых радиолокационных характеристик конвективной облачности Восточной Грузии // Радиолокационная метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - С. 129-140.
2. Брылев Г.Б., Гашина С.Б., Низдойминова Г.Л. Радиолокационные характеристики облаков и осадков. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 231 с.
3. Влияние топографии и мезомасштабных особенностей приземных метеорологических полей на радиолокационные характеристики кучево-дождевой облачности / Г.Б. Брылев, А.В. Завдовьев, В.С. Огуряев и др. // Радиолокационная метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - С. 21-31
4. К использованию данных радиолокационных наблюдений для оценки облачных ресурсов (на примере района Ленинграда) / В.Д. Степаненко, Ю.А. Довгалюк, Е.В. Оренбургская и др.

- // Радиолокационная метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 121-129.
5. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 301 с.
 6. Руководство по производству наблюдений и применению информации с радиолокаторов МРЛ-1 и МРЛ-2. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 334 с.
 7. Чередниченко В. С. О методике расчета повторяемости радиоэха конвективной облачности в дальней зоне и особенности ее распределения в районе Алма-Аты // Труды КазНИГМИ. – 1992. – № 3. – С. 87-94.
 8. Hoinka K.P., Hagen M., Hans V. D. On the influence of the Alps on a cold front // Tellus. – 1990. – Vol. 42 A. – P. 140 – 164.

Казахский государственный национальный
университет им. аль-Фараби

ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ БҮЛТТҮЛЫҚТЫҢ КОНВЕКТИВТІК ТАРАЛУЫ ТУРАЛЫ

А. В. Чередниченко

Алматы, Балқаш, Жәркентте орналасқан метеорологиялық радиолокаторлардың (МРЛ) қадағалау мәліметтеріне сәйкес оңтүстік-шығыс Қазақстандағы конвективтік бұлттылықтың және найзағайлардың қайталануы қаралған.

МРЛ-дардың мәліметтерінің негізінде конвективтік бұлттылықтың қайталануын түзету тәсілі ұсынылған және қолданылған. Мысал ретінде оңтүстік-шығыс Қазақстанға шілде айында конвективтік бұлттылықтың таралуының біркелкі картасхемасы берілген.

УДК 339.138: 551.579 (574)

**МАРКЕТИНГ В ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМ
ОБСЛУЖИВАНИИ КАЗАХСТАНА**

Канд. экон. наук А. М. Шамен

Г. Р. Сафаргалеева

Деятельность Казгидромета в условиях рыночной экономики требует нового подхода к проблеме реализации выпускаемой продукции. Решением этой проблемы является внедрение маркетинга в гидрометеорологическое обслуживание. Приводится предварительный анализ договорной деятельности Гидрометслужбы.

В условиях рыночной экономики хозяйственная деятельность имеет целью создание такого продукта (изделия, процесса, услуг, интеллектуального товара и др.), который мог бы найти спрос, то есть, в конечном счете, был бы обменен на какой-либо эквивалент. Эффективное управление хозяйственной деятельностью приводит к успешному ее завершению - достижению желаемого и выгодного обмена [1, 2]. Такое управление какой-либо деятельностью, при котором в качестве глобальной цели ставится обеспечение успешной и эффективной продажи результата этой деятельности в условиях рынка, составляет существо современного подхода к проблеме экономической активности, то есть маркетинг. Концепция маркетинга - это ориентированная на потребителя, интегрированная целевая философия предприятия, фирмы и др. Хотя концепция маркетинга и позволяет анализировать, максимизировать и удовлетворять потребительский спрос, она является лишь руководством к планированию [3, 4, 5, 6]. Маркетинг не является разовым мероприятием, а представляет собой развернутый во времени процесс, то есть систему действий, направленных на достижение поставленных целей предприятия. Можно утверждать, что маркетинг и сбыт сводятся к одному - успешной реализа-

ции продукции. Однако, согласно философии маркетинга, продажа - средство общения и изучения потребителей. Она предусматривает изменение общей политики в случае неудовлетворенности покупателя, а не каких-либо сторон процесса продажи, как в случае сбыта. При проведении маркетинга необходим учет среды, в которой он осуществляется, так как она может оказать существенное влияние на конечный результат исследований. Некоторые авторы подразделяют среду на пять частей: контролируемые и неконтролируемые факторы, уровень удачи или неудачи организации в достижении своих целей, обратные связи и адаптация. Контролируемые факторы - это область деятельности и роль маркетинга, выбор целевого рынка, цели и структура маркетинга и др. К числу контролируемых факторов относятся те, которые управляются самим предприятием. В своем комплексе эти факторы образуют общую стратегию маркетинга. К основным неконтролируемым факторам относятся потребители, правительство (как законодательный орган), независимые средства массовой информации и др. Степень успеха или неудачи организации в достижении целей во многом определяется перспективами предприятия и влиянием неконтролируемой окружающей среды. Адаптация представляет собой изменения в плане маркетинга для приспособления к неконтролируемой среде [4]. Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что если какое-либо предприятие не рассматривает в комплексе контролируемые и неконтролируемые факторы, то возрастает вероятность того, что организация не достигнет должных результатов. Начиная с 1992 г. произошло резкое падение спроса на гидрометеорологическую продукцию. Это было вызвано тем, что гидрометеорологические услуги стали частично платными, а на безвозмездной основе информация стала передаваться только органам государственной власти. Из-за отсутствия у традиционных потребителей гидрометеорологической продукции финансовых средств происходило изменение конъюнктуры рынка [7]. Отсутствие спроса на гидрометеорологическую информацию у строительных организаций, автотранспортных и автодорожных предприятий, проектных институтов, фермерских хозяйств, ряда промышленных предприятий (горнорудных, горнодобывающих, обрабатывающих и т.д.), являющихся традиционными потребителями гидрометеорологической продукции, привело к резкому сокращению рынка сбыта. Не использова-

ли информацию туристические фирмы, хотя в отдельный период покупались прогнозы и штормовые предупреждения. Из-за сокращения спроса прекратился выпуск специализированных прогнозов по автодорогам республики, по акватории Капчагайского водохранилища, о пожарной опасности и др. Не проводились маркетинговые исследования и фактически не были известны нужды, потребности, запросы современного рынка, а также потенциальные потребители гидрометпродукции. Службой не анализировалось ее движение от непосредственного покупателя к потребителям информации второго уровня. Не учитывалась возможность создания альтернативных коммерческих гидрометслужб.

Таким образом, чтобы расширить и укрепить свое положение на рынке, Гидрометслужбе необходимо использовать наступательную маркетинговую стратегию, направленную на удовлетворение самых сложных требований потребителя. Главные направления маркетинговых исследований - анализ сегментов рынка потребителей информации, рыночной конкуренции, организация рекламы и оценка деятельности организации - сохраняются и в отношении маркетинга гидрометпродукции. На рисунке показана общая схема проведения маркетинговых исследований потребности в гидрометинформации.

Маркетинговые исследования, выполняемые непосредственно оперативно-производственными подразделениями Национальной гидрометеорологической службы, базируются на опыте практической деятельности, знании запросов заказчиков, умении общаться с потребителями. Однако следует отметить, что при переходе на коммерческое обслуживание необходимы и специальные знания, которые нужно осваивать и применять для улучшения качества работы с потребителями. В настоящее время потребитель в первую очередь обращает внимание на стоимость и качество гидрометпродукции. Анализ договорной деятельности Казгидромета показал, что наибольшим спросом гидрометеорологическая информация пользуется у предприятий железнодорожного транспорта (36,1%), энергетической промышленности (33,5%), авиации (9,5%), средств массовой информации - 19,2% (в основном телерадиокомпания) и сельского хозяйства (0,4%).



Рис. Схема проведения маркетинговых исследований потребности гидрометеорологической информации

Основной объем заказов метеорологической информации составляют краткосрочные прогнозы погоды по отдельным пунктам, пользуются спросом также месячные и недельные прогнозы погоды как по территории республики, так и по отдельным областям. Запросы на прогностическую гидрологическую информацию носят сезонный характер. Наибольшим спросом пользуются прогнозы сроков вскрытия рек и водохранилищ, появления плавучего льда и установления ледостава, а также справки-консультации о накоплениях влагозапасов на 1 февраля и 1 марта в бассейнах рек Казахстана. Срочная гидрометеорологическая информация запрашивается энергетиками, железнодорожниками и авиацией в течении года. Заказы на режимную информацию в основном поступают от фирм и частных лиц. Их количество не превышает 5 % всей суммы запросов на гидрометеорологическую информацию.

Перечень выпускаемой агрометеорологической продукции, в котором отражено краткое содержание различных видов информации, сроки и периодичность ее выпуска, был создан для ознакомления и привлечения потребителей. Перечни на агрометпродукцию разосланы в различные сельхозорганизации. Потребителей, по полученным предварительным результатам, интересуется декадный агрометеорологический бюллетень (по республике и по территориям ее областей); прогнозы урожайности и валового сбора по яровой пшенице, яровому ячменю, рису, озимой пшенице, всем зерновым и зернобобовым культурам, хлопчатнику, подсолнечнику; справки о состоянии озимых перед уходом в зиму и в период возобновления их вегетации весной, запасах продуктивной влаги в почве, условиях проведения хлебоуборочной кампании; консультации об условиях перезимовки плодовых культур, сева сахарной свеклы; прогноз сроков начала весенней стрижки овец. Основными потенциальными потребителями агроинформации могут быть Минсельхоз и его областные структурные подразделения, научно-исследовательские учреждения. Обслуживание отдельных хозяйств на договорной основе возможно также метеостанциями на местах.

Особенностью производства Гидрометслужбы служит то, что часть дорогостоящей продукции гидрометслужбы важна для мероприятий исключительно государственного масштаба. Именно поэто-

му вливание средств из государственного бюджета в Гидрометслужбу второй или иной степени является обязательным условием ее существования на нынешнем этапе развития экономических отношений. Тем не менее, переход от выпуска объемной промежуточной информации к производству информации, действительно востребуемой потребителем, необходим. Поэтому возрастает роль маркетинга и рекламы Гидрометслужбы. Для привлечения внимания к своей продукции необходимо создать условия для удовлетворения запросов потребителей в качестве основы для достижения целей организации. Целевые потребители гидрометинформации из-за отсутствия подобной информации и средств на ее приобретение могут оказаться незаинтересованными в ее получении.

Известно, что для обеспечения долговременного существования организация должна располагать информацией о неконтролируемой среде, в которой развивается маркетинг. На данный момент правомерно сделать вывод о том, что коммерческая деятельность Гидрометслужбы развивается не по желаемому пути, так как на маркетинг в гидрометеорологии оказал значительное негативное влияние такой неконтролируемый фактор, как обязательный перечень, по которому передается прогноз погоды на сутки на безвозмездной основе ряду крупных министерств и ведомств. Гидрометслужба, тем самым, лишается платежеспособных потенциальных покупателей и создаются условия для бесконтрольного расхода гидрометеорологического ресурса. Существенное влияние на маркетинг в области гидрометеорологии оказывает такой неконтролируемый фактор, как средства массовой информации. Было установлено, что деятельность последних иногда создает антирекламу Гидрометслужбе и ее продукции, так как нередко выступления журналистов сопровождаются негативными комментариями, но не поднимается тема сложности составления прогноза, трудностей НГМС. Использование средствами массовой информации шести вариантов прогнозов погоды по данным ИНТЕРНЕТ, которые нередко противоречивы, с низкой оправдываемостью и различиями в прогнозируемой температуре до 10 - 12 °С в целом окончательно дискредитировали деятельность Гидрометслужбы Казахстана.

Поскольку повышение стоимости гидрометеорологической информации привело к отказу многих потребителей от услуг на гид-

рометеорологическую продукцию, спрос на нее может быть увеличен благодаря улучшению качества предлагаемой Казгидрометом продукции и проведению рекламных работ. Имея в виду, что реклама - это целенаправленная информация, призванная помочь производителю с возможно большей выгодой реализовать свои услуги (товары), а покупателю - с пользой их приобрести [3], развитие рекламной деятельности нужно проводить поэтапно. Вначале необходимо подготовить информацию для создания первичного спроса у потребителей. Затем с помощью рекламы провести так называемый убедительный этап. На этом этапе следует подчеркнуть достоинства нашего товара, особенно при наличии конкурентов, а также сохранить прежних потребителей и убеждать их в продолжении сотрудничества с нами, укреплять сложившиеся отношения. Необходимо подчеркнуть, что созданию рекламы предшествует этап изучения рынка, где оцениваются его размеры, уровень доходов и др. Только при наличии такой информации можно подготовить рекламные тексты, направленные непосредственно на определенную категорию потребителей, иначе говоря, без маркетинговых исследований реклама не достигнет цели [8, 9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономика предприятия / Под ред. О.И. Волкова. - М.: ИНФРА - М, 1998. - 415 с.
2. Сергеев И. В. Экономика предприятия. - М.: Финансы и статистика, 1997. - 304 с.
3. Котлер Ф. Основы маркетинга / Под ред. Е. М. Пеньковой. - М.: Прогресс, 1990. - 736 с.
4. Эванс Дж. Р., Берман Б. Маркетинг / Под ред. А. А. Горячева. - М.: Экономика, 1993. - 335 с.
5. Хоскинг А. Курс предпринимательства: Практическое пособие - М.: Междунар. отношения, 1993. - 352 с.
6. Шмален Г. Основы и проблемы экономики предприятия / Под ред. А. Г. Поршнева. - М.: Финансы и статистика, 1996. - 512 с.
7. Шамен А. М. Управление и экономическая эффективность гидрометеобеспечения Казахстана - Алматы: Гылым, 1997. - 466 с.

8. Сирополис Н. К. Управление малым бизнесом. Руководство для предпринимателей. - М.: Дело, 1997. - 672 с.
9. Ворст Й., Ревентлоу П. Экономика фирмы. - М.: Высш. шк., 1994. - 272 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТІНДЕГІ МАРКЕТИНГ

Эконом. ф. канд. А. М. Шөмен
 Г. Р. Сафарғалиева

Нарықтық экономика жағдайында өз өнімдерін өткізу проблемасын шешу үшін Қазгидрометке жаңа тәсілдер керек. Осы проблеманың шешу әдістерінің бірі болып табылатын шара ол гидрометеорологиялық қызмет көрсету саласына маркетинг енгізу. Бұл мақалада Қазгидрометтің келісім-шарт бойынша атқарып жатқан жұмыстарының алғашқы талдаулары келтірілген.

УДК 628.395 : 551.518.8.001.5

**О СВЯЗЯХ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОЗДУШНОГО
БАССЕЙНА С ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ**

Канд. геогр. наук А. В. Белый

Рассмотрена междусуточная изменчивость температуры воздуха как мера смены погодных условий. Изложены основные результаты расчета корреляционных зависимостей между анализируемым критерием и показателями загрязненности атмосферы, а также другими параметрами метеорологических величин в г. Алматы. Обнаружены статистически значимые положительные тренды в рядах средних месячных и средних годовых значений междусуточной изменчивости температуры воздуха, и сделаны выводы об улучшении условий самоочищения воздушного бассейна города. Предложено использовать характеристику изменчивости погоды для прогноза уровня загрязненности атмосферы.

Погода в любой точке Земли определяется синоптическими объектами: воздушными массами и переходными зонами между ними, циклонами и антициклонами, атмосферными фронтами и др. С их возникновением, эволюцией и перемещением связаны наиболее существенные непериодические изменения погоды в том или ином районе, резко нарушающие обычный суточный и годовой ход. К ним относятся, например, потепление ночью или оттепель среди морозной зимы, усиление ветра при средней его незначительной скорости или обильные осадки после долгого их отсутствия. Смена погоды сопровождается колебаниями совокупности значений метеорологических величин, важнейшими из которых являются температура и влажность воздуха, атмосферное давление, ветер, облачность, атмосферные осадки и явления. Этот факт имеет определенное экологическое значение, связанное с тем, что уровень загрязнения воздушного

бассейна существенно зависит от метеорологических условий в данный период времени. Известно, например, что концентрации вредных примесей в городском воздухе существенно возрастают при слабом ветре, тумане, наличии температурных инверсий, особенно характерных при антициклонах, и т. п. [2, 9, 13].

Изменение погоды, сопровождаемое колебаниями различных метеорологических величин, должно способствовать уменьшению значений концентрации поллютантов в воздухе, так как процессы самоочищения более активно протекают в нестабильной атмосфере. Выпадение осадков, усиление ветра, разрушение температурных инверсий, зачастую наблюдаемые при изменениях погодных условий, активизируют процессы самоочищения воздушного бассейна [8, 14]. При частой смене погоды этот фактор будет оказывать влияние и на формирование среднего уровня загрязненности атмосферы, например за месяц, сезон и т. п. Для обоснованности приведенных выше рассуждений нами были изучены некоторые аспекты изменчивости погоды на примере города Алматы. Первая проблема заключалась в том, как проследить изменчивость погодных условий.

В широком смысле слова, изменчивость – это свойство физической величины отклоняться от нормального, стандартного, репрезентативного, среднего значения или степень этого отклонения. Показателями изменчивости чаще всего могут служить дисперсия, среднее квадратическое отклонение, абсолютное отклонение. Погода является комплексной характеристикой состояния атмосферы в данное время и в данном месте, и оценка ее изменчивости связана с определенными трудностями. Наибольшее распространение получил в свое время метод комплексной климатологии [10, 12], основанный на исследовании структуры климата через повторяемость различных классов погоды. Все многообразие наблюдаемой погоды анализируется путем ее классификации, построенной на морфологической основе. Эта классификация содержит обычно 16 классов погоды, входящих в группы безморозной погоды, погоды с переходом через 0°C и морозной погоды. В свою очередь, каждый класс подразделяется на погоду с ветром и без него, с облачностью днем и без таковой и т. п. С помощью этого метода можно оценить изменчивость погоды для определенного региона, проанализировав повторяемость ее классов за конкретный срок наблюдений. Для территории Казахстана такие иссле-

дования нашли свое отражение в работах А. А. Чубукова, Ю. Н. Шваревой, И. А. Афанасьевой и др. [1, 7]. Однако этот метод требует большого объема исходной информации и в каждом случае — детального исследования.

При другом подходе изменчивость погоды можно оценивать через отдельные метеорологические величины, являющиеся ее "индикаторами". В частности, анализируемый суточный размах колебаний температуры воздуха, т.е. разность между ее максимумом и минимумом за сутки, дает некоторые представления о погодных условиях. Так, при ясной погоде он на порядок больше, чем при пасмурной. Вообще, температура воздуха как характеристика погоды имеет большое индикативное значение и ее ход тесно связан со сменой погодных условий в целом [11]. Изменчивостью любой метеорологической величины является климатическая характеристика ее неперiodических колебаний в данном месте. Для температуры воздуха, например, такой характеристикой может служить междусуточная изменчивость, которая представляет собой разность температуры воздуха от одних суток к другим, полученная из абсолютных значений отдельных ее замеров. Суточный ход при этом исключается тем, что берутся разности значений температуры за один и тот же срок наблюдений или средние суточные.

Для анализа связи междусуточной вариации температуры воздуха и изменения погодных условий рассмотрим, например, ситуацию в октябре 1990 года. В этом месяце в течение 25 суток подряд наблюдалась малооблачная без осадков погода с преобладающей температурой в дневное время 26–30 °С. Данный тип погоды можно отнести ко второму классу группы безморозных погод и охарактеризовать как "солнечную жаркую и сухую". Средняя суточная температура воздуха в основном удерживалась в пределах 18–21 °С. Весьма характерной для данного отрезка времени являлась очень малая изменчивость погоды от суток к суткам, что выражалось в постоянстве значений облачности, отсутствии осадков, сильного ветра и небольших колебаниях температуры воздуха. За рассматриваемый период ее отклонения от одних суток к другим находились в пределах 1,0 – 1,5 °С. В качестве противоположного примера можно рассмотреть ситуацию с погодой в мае 1993 г. В этот период она была весьма изменчива: температура воздуха в дневное время колебалась от 1 до 26 °С, средняя суточная

температура составила $14,7^{\circ}\text{C}$, а ее среднее квадратическое отклонение $5,2^{\circ}\text{C}$. Наблюдались перепады дневной температуры воздуха от одних суток к другим, достигающие 20°C . При этом число суток с осадками составляло 14, а с облачностью в дневное время – 22. Осадки, в том числе и снег, нередко сопровождалось усилением ветра до $7 - 9$ м/с. Междусуточная изменчивость температуры воздуха, осредненная за весь месяц, составила $5,07^{\circ}\text{C}$, являясь максимальным значением за год. Таким образом, при установившейся погоде колебания температуры воздуха между соседними сутками невелики – на порядок меньше, чем при значительных контрастах погодных условий. Следовательно, эту характеристику в самом общем варианте можно рассматривать как индикатор изменчивости погоды за определенный временной отрезок.

Затем вычислялась междусуточная изменчивость средней суточной температуры воздуха и ее значений за 15-часовой срок наблюдений, приблизительно характеризующих дневную температуру воздуха. Использовался материал наблюдений за период 1990-1995 гг. по МС Алматы, ОГМС. Средняя многолетняя междусуточная изменчивость дневной и средней суточной температуры воздуха составила $3,4^{\circ}\text{C}$ и $2,5^{\circ}\text{C}$ соответственно. Наибольшую повторяемость (64 %) имеют колебания температуры воздуха в пределах $0,1-3,0^{\circ}\text{C}$. В то же время весьма редки колебания температуры воздуха свыше 17°C , повторяемость которых, менее 1 %. В годовом ходе рассматриваемой характеристики наблюдаются два максимума – в мае и октябре-ноябре и два минимума – в летние месяцы и зимой – с декабря по февраль. Междусуточная изменчивость средней суточной температуры воздуха в периоды максимумов достигает значений $2,7 - 2,8^{\circ}\text{C}$, в периоды минимумов снижается до $1,8 - 2,1^{\circ}\text{C}$, а дневной температуры воздуха составляет $3,5 - 4,3^{\circ}\text{C}$ и $2,5 - 3,0^{\circ}\text{C}$ соответственно. Наиболее низкие значения этих показателей характерны для летних месяцев – июня и августа, $2,0 - 2,5^{\circ}\text{C}$.

Для определения зависимости между состоянием атмосферного воздуха и погодными условиями в г. Алматы рассчитывались парные коэффициенты корреляции (r) между полученными значениями междусуточной изменчивости температуры воздуха и показателями уровня загрязненности воздушного бассейна. В качестве последних

использовались максимально-разовые концентрации основных поллютантов и индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). Вычисленные коэффициенты корреляции приведены в табл. 1. Как видно из представленных данных, в каждом месяце имеются статистически значимые отрицательные связи междусуточной изменчивости температуры воздуха со значениями максимальных концентраций тех или иных примесей. Наиболее часты связи с пылью и оксидом углерода (СО), а по времени - в осенний и весенний периоды. В летнее время года на фоне лучших условий самоочищения атмосферы, в частности усиления термической и динамической турбулентности, связи более редки. Зимой практически не обнаруживается связь с максимальными концентрациями пыли, что обусловлено, очевидно, наличием снежного покрова. Напротив, эти связи наиболее устойчивы весной, когда растительный покров только начинает формироваться, а на поверхности земли обнажается накопившаяся за зимний период масса твердых частиц, поднимающаяся в воздух и увеличивающая уровень его загрязнения. В этих условиях изменение погоды, сопровождающееся выпадением осадков, приводит к значительному очищению атмосферы.

Надо отметить, что отсутствие устойчивых связей в отдельные месяцы по ряду ингредиентов, в том числе и по ИЗА, а также наличие положительных связей в феврале и сентябре по оксиду углерода и диоксиду серы указывает, по всей видимости, на разный характер изменчивости погодных условий. Так, например, процесс удаления оксида углерода из атмосферы связан в первую очередь с действием ветрового фактора, нежели осадков, что было отмечено нами при проведении исследований по влиянию атмосферных осадков на процессы самоочищения атмосферы в Алматинской области [4]. Эти же исследования показали различную эффективность очищающей способности твердых и жидких осадков. Поэтому, связи между рассматриваемыми величинами при изменениях погоды, сопровождающихся, к примеру, выпадением снега без усиления ветра, обнаруживаться, конечно, не будут. В дальнейшем при анализе подобных зависимостей необходим также учет смены различных классов погоды и их повторяемости, что будет являться предметом отдельных исследований автора.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции 5 %-го уровня значимости междусуточной изменчивости дневной (1) и средней суточной (2) температуры воздуха с максимально-разовыми концентрациями различных примесей и ИЗА за отдельные месяцы по данным стационарных постов по наблюдению за загрязнением воздуха в г. Алматы

Месяц	1					2				
	Пыль	СО	SO ₂	NO ₂	ИЗА	Пыль	СО	SO ₂	NO ₂	ИЗА
Январь	-	- 0,35	- 0,61	- 0,44	- 0,35	-	- 0,59	- 0,88	- 0,63	- 0,54
Февраль	-	0,60	-	-	-	-	-	-	- 0,93	-
Март	- 0,72	- 0,71	-	- 0,35	- 0,88	- 0,80	- 0,57	- 0,32	-	- 0,80
Апрель	- 0,50	-	- 0,46	-	-	- 0,40	-	- 0,40	-	-
Май	- 0,59	- 0,39	- 0,37	-	-	- 0,67	- 0,61	-	- 0,49	-
Июнь	-	-	-	-	-	- 0,51	-	-	- 0,41	- 0,42
Июль	- 0,53	- 0,63	-	- 0,35	- 0,56	- 0,39	- 0,39	-	-	- 0,35
Август	- 0,36	-	-	-	-	- 0,48	- 0,44	- 0,41	-	-
Сентябрь	-	0,60	-	- 0,66	-	-	- 0,61	- 0,70	- 0,75	-
Октябрь	- 0,51	- 0,85	-	- 0,72	- 0,83	- 0,51	- 0,84	-	- 0,70	- 0,80
Ноябрь	-	-	- 0,35	-	-	-	-	-	- 0,47	-
Декабрь	- 0,59	- 0,59	- 0,41	-	- 0,31	-	-	-	-	-

В ходе изучения данной проблемы были также проанализированы зависимости междусуточной изменчивости температуры воздуха с параметрами метеорологических величин, оказывающими влияние на уровень загрязненности воздушного бассейна.

Для этого, как и в предыдущем случае, рассчитывались парные коэффициенты корреляции. Прямые связи обнаружены для числа суток с осадками, а обратные – для повторяемости слабого (0 - 1 м/с) ветра, застоев воздуха и туманов. Для первой характеристики наиболее устойчивые зависимости ($r = 0,6 - 0,8$) получены для весенних и осенних месяцев, когда интенсивность осадков существенно возрастает, а изменение погодных условий сопровождается почти всегда их обильным выпадением. Значимые связи с повторяемостью слабого ветра (коэффициент корреляции составляет минус 0,60 - 0,85) характерны для зимы. В этот период года осадки менее интенсивны, выпадают в твердом виде и способность атмосферы к самоочищению напрямую связана с действием ветрового фактора. Такая же ситуация прослеживается и в отношении застоев воздуха, а также туманов.

В качестве иллюстрации рассчитанных зависимостей приведем диаграмму месячных аномалий числа суток с осадками и междусуточной изменчивости средней суточной температуры воздуха от многолетних средних их значений за период 1990-1995 гг., показанную на рисунке.

На рисунке видно, что положительным аномалиям междусуточной изменчивости температуры воздуха соответствуют такого же знака аномалии числа суток с осадками. Исключение составляют только зимние месяцы, когда температура воздуха может значительно изменяться от суток к суткам в связи с циркуляционными факторами – формированием отрога сибирского антициклона или, наоборот, оттепелями, вызванными теплыми юго-восточными ветрами. При таких условиях осадки маловероятны, однако в любом случае изменение погодных условий способствует колеблемости параметров метеорологических величин, влияющих на процессы накопления и рассеивания вредных примесей.

Значительный научный интерес представляет также исследование многолетнего хода междусуточной изменчивости температуры воздуха. В этих целях проанализировано изменение рассматриваемой характеристики за период 1990-1998 гг. Следует отметить, что осред-

ненные за месяц значения междусуточной изменчивости средней суточной и дневной температуры воздуха довольно хорошо коррелируют между собой.

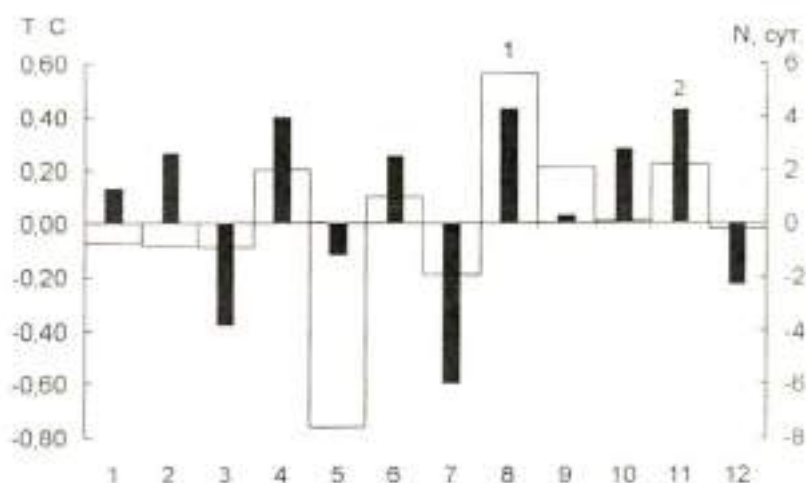


Рис. Месячные аномалии числа суток с осадками (N , сут) - 1 и междусуточной изменчивости средней суточной температуры воздуха (T , °C) - 2 от многолетних средних значений за период 1990-1995 гг.

Годовой ход средних месячных значений одной практически повторяет ход другой, коэффициент корреляции при этом составляет более 0,95. Поэтому ограничимся анализом лишь одной из них. Для междусуточной изменчивости дневной температуры воздуха, осредненной за отдельные месяцы, характерна значительная вариация ее значений от года к году. Для всех месяцев отмечается квазидвухлетняя изменчивость рассматриваемой характеристики, что, впрочем, весьма естественно для такой метеорологической величины, как температура воздуха [6].

За период 1990-1998 гг. наибольшие значения, 4,5 - 5,5 °C, были отмечены в августе 1990 и 1992 гг. Наибольшие отрицательные значения, 1,8 °C, в сентябре 1997 г. Следует подчеркнуть тот факт, что за последний рассмотренный год практически во все месяцы значения между-

суточной изменчивости как дневной, так и средней суточной температуры воздуха существенно возросли, а в феврале, мае – июне и августе имели абсолютный максимум за весь рассмотренный интервал времени. Это указывает на значительную перестройку атмосферных процессов, что, конечно, должно положительно отразиться и на процессах самоочищения воздушного бассейна.

Были определены также тенденции междусуточной изменчивости дневной температуры воздуха, для чего рассчитывались линейные тренды в рядах средних месячных и средних годовых ее значений. Для определения тенденции, как известно, необходимо численно оценить параметры уравнения линейного тренда вида:

$$y = ax + b,$$

где a – скорость роста, показывающая среднее годовое изменение рассматриваемой величины; b – уровень ряда при $x = 0$. Первая величина показывает направленность тренда: при отрицательных ее значениях – снижение, при положительных – рост. Значения этого параметра для рассмотренных рядов приведены в табл. 2.

Для оценки качества аппроксимации реальных значений линейными трендами рассчитывались коэффициенты детерминированности r^2 , нормированные от 0 до 1, и критерий t – Стьюдента, позволяющий судить о том, является ли тренд случайным или нет. Эти характеристики также приведены в табл. 2. Число степеней свободы для всех рядов составляло 7, t – критическое на 5 % - ном уровне значимости равно 2,37. Случайность тренда отвергается, если t – Стьюдента больше или равно t – критическому. Как видно по данным, приведенным в таблице, в апреле – августе и в декабре критерий t – Стьюдента на порядок выше его критического значения. Для всех указанных месяцев наблюдались положительные тренды, при этом значения r^2 составили 0,22 – 0,69, что указывает на хорошее качество аппроксимации ими временных рядов. Наибольший размах колебаний тренда наблюдается в апреле и составляет 2,7 °С за 9 лет. Для средних годовых значений междусуточной изменчивости дневной температуры воздуха определена также положительная тенденция – рассматриваемая величина увеличивается на 0,1 °С каждый год. Значение коэффициента

детерминированности составило 0,66, а критерий t-Стьюдента равен 2,37.

Таким образом, междусуточная изменчивость температуры воздуха в г. Алматы за последние 9 лет имеет устойчивую тенденцию к росту. Этот результат согласуется, в частности, с выводами, сделанными нами ранее [3, 5] об уменьшении континентальности климата юго-востока Казахстана и увеличении адвекции морских воздушных масс, при которых растет и частота смены погодных условий.

Таблица 2

Характеристики трендов в рядах средних месячных и средних годовых значений междусуточной изменчивости дневной температуры воздуха в г. Алматы за период 1990-1998 гг.

Месяц	Среднее годовое изменение, °С	Коэффициент детерминированности	Критерий t - Стьюдента
Январь	- 0,03	0,01	0,27
Февраль	0,11	0,22	1,60
Март	0,06	0,04	0,54
Апрель	0,30	0,52	2,60
Май	0,15	0,38	2,40
Июнь	0,14	0,35	2,40
Июль	0,20	0,20	2,50
Август	0,18	0,69	4,50
Сентябрь	0,01	0,01	0,06
Октябрь	- 0,09	0,11	0,90
Ноябрь	0,01	0,01	0,05
Декабрь	0,14	0,64	3,50
Год	0,10	0,67	3,00

Проведенные исследования указывают на значительную зависимость между уровнем загрязненности атмосферы и изменчивостью погоды. С возрастанием контрастности погодных условий процессы самоочищения воздушного бассейна протекают более активно. Это связано с увеличением числа суток с осадками, усилением ветра, раз-

витием в целом более активной динамической турбулентности, способствующей рассеиванию вредных примесей. Увеличение степени изменчивости погодных условий за последние годы, обнаруженное путем анализа междусуточной характеристики температуры воздуха, позволяет ожидать лучших условий самоочистки атмосферы в г. Алматы, а учитывая исследования, проведенные нами ранее по континентальности климата, и на всем юго-востоке Казахстана. Изучение данной проблемы показало, что изменчивость погоды можно рассматривать в качестве предиктора для определения потенциально возможного уровня загрязненности атмосферы. Данную характеристику, в том числе и через другие общепринятые показатели, такие, как повторяемость различных классов погоды, ее контрастность, постоянство и т. п. следует использовать для экологических прогнозов. Это позволит с довольно большой заблаговременностью судить о возможных периодах опасного загрязнения атмосферы и готовить мероприятия природоохранного содержания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьева И.А., Бондаренко Л.Н., Русманова Т.С. О некоторых особенностях погодного режима в аномальные годы в Казахстане // Исследование структур климата в погодах. Материалы метеорологических исследований. - 1981. - № 4. - С. 101-107.
2. Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. - Л. : Гидрометеоиздат, 1980. - 184 с.
3. Белый А. В. О тенденциях изменения континентальности климата Алматинской области // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 2. - С. 101-112.
4. Белый А.В. О роли и тенденциях режима увлажнения в процессах очищения атмосферы над Алматинской областью // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 4. - С. 166-182.
5. Белый А.В. Реальности и последствия изменения континентальности климата юго-востока Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1997. - № 3. - С. 241-249.
6. Герман Д.Р., Гольдберг Р.А. Солнце, погода и климат. - Л.: Гидрометеоиздат, 1981. - 319 с.

7. Климат Казахстана / Под ред. А. С. Утешева. - Л.: Гидрометеоиздат, 1959. - 367 с.
8. Переведенцев Ю.П., Шлычков А.П., Хабутдинов Ю.Г. Загрязнение атмосферы в городах Татарии // Метеорология и гидрология. - 1996. - № 9. - С. 52-57.
9. Сонькин Л. Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. - 223 с.
10. Фельдман Я. И., Чубуков Л.А. Применение метода комплексной климатологии к изучению климата аридных и экстремальных областей СССР // Вопросы географии. Сборник статей XVIII Международного географического конгресса. - М.-Л.: Изд. АН СССР, 1956. - С. 124-156.
11. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. - Л.: Гидрометеоиздат, 1978. - Т. 1. - 245 с.
12. Чубуков Л.А., Шварева Ю.Н. Роль и задачи комплексной климатологии в современных географических исследованиях // Природные ресурсы и территориальная организация хозяйства / АН СССР, Институт географии. - М.: ИГ, 1979. - С. 60-75.
13. Harley R., Gass G. Modeling the concentration of gas-phase toxic organic air pollutants: direct emissions and atmospheric formation // Environ. Sci. and Technol. - 1994. - Vol 28, № 1. - P. 88-98.
14. Palutirof J.P., Subak S., Agnew. M.D. Impacts of the exceptionally hot weather of 1995 in the UK // Clim. Monit. - 1996. - Vol. 25, № 3. - P. 116-125.

Казахский государственный национальный
университет им. аль-Фараби

АУА АЛҚАБЫНЫҢ ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІНІҢ АУА РАЙЫНЫҢ ҚҰБЫЛМАЛЫҒЫМЕН БАЙЛАНЫСТАРЫ ТУРАЛЫ

Геогр.ғ. канд. А. В. Белый

Тәулік арасындағы ауа температурасының өзгеруі ауа райының құбылмалығы мөлшері ретінде қаралады. Бұл мақалада талдау белгілерінің атмосфераның ластану көрсеткіштерімен және Алматы қаласының басқада метеорологиялық өлшемдерінің сәйкестендіру тәуелділіктерінің анықтауының негізгі нәтижелері келтірілген. Тәулік арасындағы ауа температурасының өзгеруінің айлық және жылдық орта көрсеткіштерінің арасындағы статистикалық мәнді тренд табылған, осыған сәйкес қала ауа алқабының өзімен-өзі тазалану мүмкіндігін жақсарту туралы тұжырым жасалынған. Ауа құбылмалығының сипаттамасын атмосфераның ластану деңгейін болжау үшін қолдануға ұсыныс жасалған.

УДК 551.578.462

О КЛЮЧЕВОЙ РОЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОЦЕССАХ АБЛЯЦИИ В УСЛОВИЯХ ЛЕДНИКОВОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА

Канд. техн. наук Б. С. Степанов

Канд. геогр. наук Р. К. Яфязова

Считается, что положительные температуры воздуха в период абляции, в условиях ледникового континентального климата, играют роль фона, благоприятствующего процессам таяния ледников. Однако это не позволяет объяснить, почему небольшие изменения глобальной температуры определяют масштабы оледенения горных стран.

Анализ теплового баланса ледниковых поверхностей в условиях ледникового континентального климата показал, что температура играет ключевую роль в распределении энергии солнечной радиации на составляющие абляции.

Важнейшим из факторов, определяющих возможность существования оледенения, является климат. Г. А. Авсюк впервые выделил ледниковые климаты морского и континентального типов [1]. Характерной особенностью морских климатов является относительно высокая сумма годовых осадков, превышающая 1000 мм; таяние ледников осуществляется преимущественно за счет тепла воздуха в ходе турбулентного теплообмена между ледником и атмосферой, конденсация на ледниках преобладает над испарением. Для континентальных ледниковых климатов типична более низкая сумма осадков, таяние льда и снега вызывается преимущественно солнечной радиацией, испарение преобладает над конденсацией. Обширная информация о климате ледниковых эпох получена в результате исследований, выполненных в период МГТ на многих ледниках земного шара.

Ценная информация о распространении оледенения в Зайлиском и Джунгарском Алатау, составляющих теплового баланса ледников получены Н. Н. Пальговым, П. А. Черкасовым, П. П. Кузьминым и другими исследователями. Одним из наиболее важных в этих исследованиях был вывод о ведущей роли солнечной радиации в приходе тепла к тающей поверхности. По мнению П. П. Кузьмина "Стаивание с ледника определяется в первую очередь мощностью солнечной радиации и может происходить при температуре окружающего воздуха, далеко не благоприятной для таяния. Другие факторы имеют второстепенное значение. К их числу следует отнести: температуру воздуха, скорость ветра, испарение, конденсацию, загрязненность ледника и температуру воды ручейков на его поверхности" [5]. Г. А. Авсюк считал, что "Положительные температуры воздуха в период таяния играют в условиях ледников Тянь-Шаня роль как бы фона, благоприятствующего процессам таяния, так как поверхности ледников не испытывают сильного охлаждения. Вследствие этого часто и ночью поверхности ледников если почти не тают, то и не замерзают, что создает благоприятные условия для наиболее полного использования для таяния дневного тепла. Небольшие отрицательные температуры, наблюдающиеся в период таяния, также не сильно охлаждают ледниковые поверхности и, следовательно, не создают серьезных препятствий для таяния". На более важную роль температуры в абляции ледников указывал М. В. Тронов "...чтобы солнечная радиация как фактор абляции была эффективной, необходим общий фон положительных температур. Значение его тройное: 1) снижается величина альбедо ледниковых поверхностей; 2) не замерзают талые воды; 3) не требуется в утренние часы начального нагревания льда до 0 °С" [7].

Оценим энергетические затраты, необходимые, в соответствии с вышеприведенным, для того, чтобы "солнечная радиация, как фактор была эффективной". Если допустить, что в результате ночного охлаждения ледниковой поверхности температура льда уменьшается в слое 3 см на 2,5 °С и вода в слое 0,1 см превратилась в лед, несложно подсчитать, что энергозатраты близки к 460 кДж/м². Принимая во внимание, что на горизонтальную поверхность нижней части ледника Центральный Туяксуйский за период абляции 1957 г. поступало 22 210 кДж/м² день, в 1958 г. - 18 600 кДж/м² день, и в 1959 г. -

16 590 кДж/м² день [6], нетрудно прийти к выводу, что затраты на создание "благоприятного фона" для реализации радиационного фактора не так уж и велики и составляют 2,5 % от общего поступления энергии или около 10 % от энергии воздуха, затрачиваемой на абляцию.

По данным П.А. Черкасова "...на высотах от 3000 до 3150 м альbedo льда быстро увеличивается от 7 до 15 %, затем на высотах 3150-3450 м растет медленнее - от 15 до 23 %, а на высотах 3450 -3550 м его рост вновь убыстряется от 23 до 30 %..." [8]. Однако в течение дня альbedo, вследствие увлажнения поверхности и изменения угла падения солнечных лучей, в каждой из высотных зон изменяется незначительно. Так, значения дневного хода альbedo свежевыпавшего снега при ясной погоде изменяются в пределах 60-76 % [8]. Следовательно, изменение значений альbedo также не может существенно влиять на величину абляции.

Сказанное выше и учет обстоятельства, что примерно 80-85 % тепла, поступающего на поверхность ледников в условиях Средней Азии и Казахстана, приходится на солнечную радиацию и лишь 15-20 % на тепло воздуха [8], как будто подтверждают тезис о второстепенной роли температуры в оледенении гор южных и умеренных широт, где господствует континентальный климат. Однако имеются факты, позволяющие усомниться в правомерности такого вывода. Наиболее важным из них, по нашему мнению, является быстрое уменьшение поверхностной абляции ледников с абсолютной высотой. Действительно, превышение фирновой линии над концами ледников северного склона Заилийского Алатау составляет 400-500 м, разность температур этих уровней близка к 2,6 - 3,2 °С. Возникает вопрос: каким образом столь незначительная разница дневной температуры воздуха над ледником, достигающей в разгар абляции 10 - 12 °С (учитывая, что, к тому же, вклад тепла воздуха в абляцию составляет лишь 15 - 20 %), приводит к резкому уменьшению таяния льда и снега в области питания ?

Поскольку радиационная составляющая теплового баланса поверхностной абляции с увеличением абсолютной высоты местности с высотой местности обычно объясняют возрастанием альbedo поверхности ледников. Однако широкий диапазон изменения ве-

личины альбедо: от 0,1 и даже менее на конце языка ледника, до 0,85 - 0,95 в области питания, характерен лишь для максимума абляции. К началу абляции значения альбедо участков, расположенных на различных высотах, имеют близкие величины. Следовательно, существенная разница в значениях альбедо - следствие физических процессов, протекающих на леднике, но никак не первопричина различной интенсивности абляции. Сказанное подтверждается и тем, что после обильных летних снегопадов, когда альбедо всей поверхности ледника становится практически одинаковым, отражательная способность ледниковой поверхности за считанные сутки восстанавливается.

Для объяснения обсуждаемого феномена целесообразно более подробно остановиться на описании механизмов поверхностной абляции, составляющими которой являются таяние и испарение. Как известно, под таянием понимается фазовый переход льда из твердого состояния в жидкое, происходящий под давлением 10^3 гПа при температуре 0°C . Удельная теплота плавления льда - 333,6 Дж/г. Под испарением (возгонкой) льда понимается фазовый переход льда из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое состояние. Удельная теплота возгонки льда - 2834 Дж/г. Скорость испарения может быть вычислена с помощью уравнения [2]

$$V = K \frac{D (p_s - p)}{h (p_0 + \alpha)}$$

где K - константа, $(p_s - p)$ - дефицит влажности, D - коэффициент диффузии, h - толщина диффузионного слоя, в котором давление пара над испаряющимся телом падает от наибольшего значения p_s до значения p в окружающей среде, α - некоторая константа, определяющая максимальное испарение, достигаемое в вакууме при $p_0 = 0$.

Испарение имеет место до тех пор, пока пространство над испаряющимся телом не будет заполнено насыщенным паром. При возгонке льда и снега в парообразное состояние переходят наиболее "горячие" молекулы воды, обладающие относительно большими скоростями движения. Вследствие этого температура испаряющихся тел уменьшается. Превращение твердых тел в жидкое состояние имеет

место лишь в том случае, если приток тепла к испаряющемуся телу превышает таковое, теряющееся в ходе испарения. При высокой сухости воздуха и низком атмосферном давлении лед не тает даже при относительно высокой температуре воздуха. Так, в Андах отмечены случаи [7], когда лед не таял при температуре воздуха плюс 15 °С; большие потери энергии льдом в ходе возгонки не позволяли ему нагреться до температуры, при которой лед обретает способность плавиться.

Сказанное выше позволяет объяснить, каким образом незначительное изменение температуры воздуха определяет величину абляции ледников. В зимний период из-за низкой высоты солнца над горизонтом, малой продолжительности облучения солнцем поверхности ледников северного склона Заилийского Алатау за день, относительно низкой температуры воздуха ледники покрыты снежным покровом, имеющим большое альbedo, значение которого мало изменяется от концов языков до областей питания. Энергия, поступающая к ледниковой поверхности, в основном затрачивается на компенсацию энергии, теряющейся при испарении снега и льда. К середине июня поток радиации к поверхности ледника становится близким к максимальному, однако из-за высокого альbedo снежной поверхности около 90 % лучистой энергии рассеивается. К этому времени воздушные массы в полуденные часы способны отдавать поверхности ледника энергию, соизмеримую и даже превышающую по величине энергию солнечной радиации, поглощенную ледником. Однако этой суммарной энергии может еще не хватать для полной компенсации энергии, потребляемой в ходе испарения льда и снега. Наконец возникает ситуация, при которой на конце языка ледника температура воздуха, пусть на короткий период времени, становится такой, что энергия, поглощается ледником, становится больше энергии, затрачиваемой на испарение. К этому времени температура снега устанавливается близкой к 0 °С.

Избыточная энергия затрачивается уже не на энергоемкий процесс - испарения, а на таяние; альbedo тающего снега уменьшается, как это следует из таблицы [3], до 0,7. Все это приводит к почти

20 раз! Начинается бурное снеготаяние. В течение короткого периода времени снег стает полностью и начинается таяние льда. По-

сколько альbedo льда с ручейками воды имеет совсем малое значение (0,22), большая часть тепла радиации поглощается. Именно тогда доля радиационного тепла почти в 4 раза превышает тепло, отдаваемое леднику воздухом.

Таблица

Зависимость альbedo от характера поверхности [3]

Характер поверхности	Альbedo
Свежевыпавший снег	0,85-0,9
Тающий снежный покров	0,7
Влажный фирн	0,35-0,45
Чистый лед	0,38
Тающий лед	0,3-0,35
Лед с ручейками воды	0,08-0,3

Уравнение баланса поверхностной абляции можно записать в виде:

$$A_{\Sigma} = A_{\text{И}} = \frac{Q_{\text{И}}}{2834 \rho} , \quad \left| \begin{array}{l} Q_{\text{Л}} \leq Q_{\text{И}} \\ Q_{\text{Л}} > Q_{\text{И}} \end{array} \right.$$

$$A_{\Sigma} = A_{\text{И}} + A_{\text{Т}} = \frac{Q_{\text{И}}}{2834 \rho} + \frac{Q_{\text{Л}} - Q_{\text{И}}}{333 \rho} ,$$

где A_{Σ} - суммарная поверхностная абляция, см; $A_{\text{И}}$ - абляция испарением, см; $A_{\text{Т}}$ - абляция таянием, см; $Q_{\text{Л}}$ - тепло, затрачиваемое на абляцию, Дж/см²; $Q_{\text{И}}$ - тепло, затрачиваемое на испарение, Дж/см²; ρ - плотность льда, г/см³; 2834 - удельная теплота испарения, Дж/г; 333 - удельная теплота плавления, Дж/г.

Решающая роль температуры воздуха хорошо прослеживается и на ходе таяния снегов в горной зоне. Высота солнцестояния, следовательно, и интенсивность солнечного излучения, как известно, максимальны в период с 19 по 25 июня. Указанные величины равны 5 мая и 9 августа, но если к 5 мая снежный покров может

наблюдаться на высотах менее 3000 м и на леднике еще продолжается зима, то 9 августа лето на леднике в полном разгаре и языки ледников лишены снежного покрова.

Зона активной абляции на леднике жестко контролируется температурой воздуха. Об этом наглядно свидетельствуют данные, полученные П. А. Черкасовым в Джунгарском Алатау [8]. Если на языке ледника значения радиационного баланса велики (рис.1б) и имеет место интенсивная абляция, то в зоне питания радиационный баланс энергии может иметь даже отрицательные значения; и это несмотря на то, что под прямой солнечной радиацией порой имеет противоположную структуру (рис.1а).

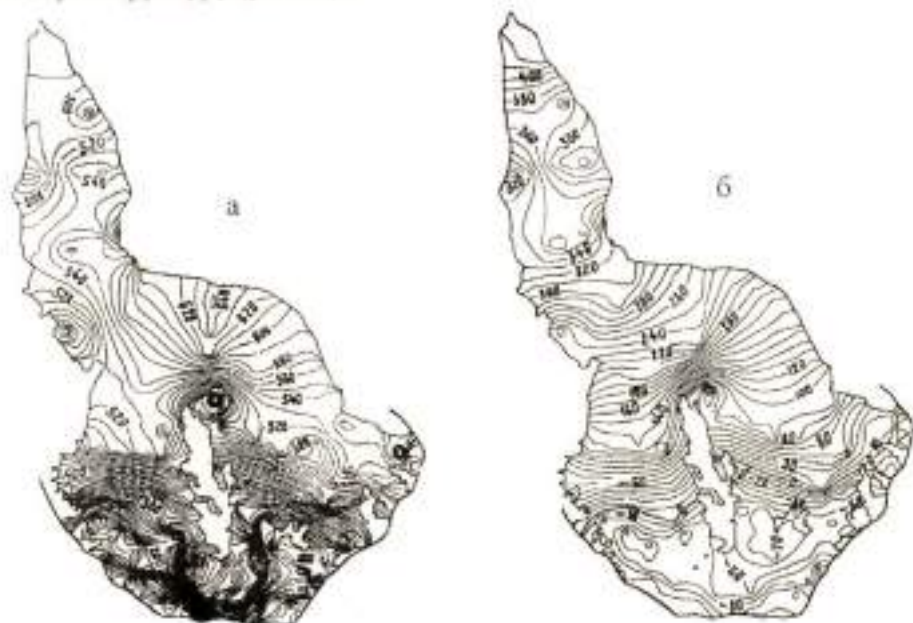


Рис.1. Поля солнечной радиации на физической поверхности ледника Шумского 8 августа в ясную погоду:
а - прямая солнечная радиация; б - радиационный баланс.

Лишь в очень редких случаях таяние охватывает всю зону абляции, причем интенсивность таяния в верхней части языка ледника может превышать таковую у его конца. Происходит это в тех случаях, когда над всей поверхностью ледника температура воздуха устанавливается настолько высокой, что влияние температурного градиента с лихвой компенсируется более высоким фоном радиации, обуслов-

ленным увеличением прозрачности атмосферы с высотой местности. Значительное уменьшение испарения и, следовательно, увеличение таяния могут наблюдаться в отсутствие ветра или при высокой относительной влажности воздуха. Благоприятные условия для таяния в дневное время могут создаваться в результате горно-долинной циркуляции, когда теплые массы воздуха по долинам рек поднимаются к ледникам. В результате подъема температура воздушных масс несколько уменьшается, однако относительная влажность воздуха может достигать предельных значений, что приводит к ослаблению и даже прекращению испарения. Механизм абляции (испарение или таяние) может существенным образом сказаться на величине абляции ледников. На рис. 2 [4] показаны измеренное и гипотетическое таяние, которое наблюдалось бы в том случае, если вся энергия, затраченная на испарение, была бы израсходована на дополнительное таяние. Анализ данных по ледн. Хинтеррайсфернер (Альпы), выполненный Г. Касером, показал, что если бы все тепло, расходуемое на испарение, было целиком затрачено на таяние льда и снега, то за период с 1953 г. по 1982 г. общее изменение абляции по сравнению с действительной - 773 г/см^2 - возросло бы до 1898 г/см^2 . Подчеркивая энергетическую важность испарения в условиях Центральных Альп, Г. Касер указывает, что для засушливых областей этот эффект должен быть еще больше.

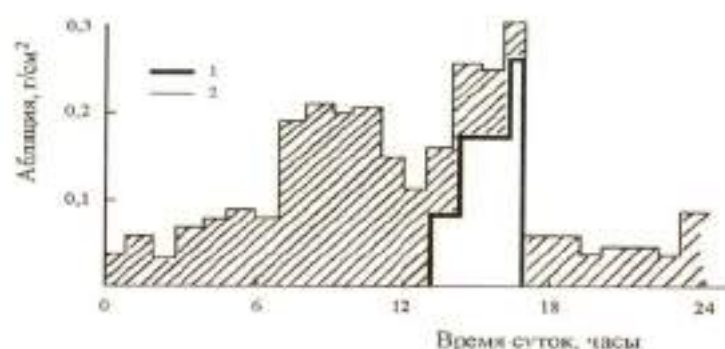


Рис. 2. Абляция льда ледника Хинтеррайсфернер на высоте 2500 м 25 августа 1980 г.:

1 - измеренная; 2 - гипотетическая.

По данным П. И. Пальгова испарение с поверхности льда Центральный Туускуйский составляет 125 мм/год. Если бы тепло, затрачиваемое на испарение, использовалось на таяние, то это привело бы к практическому удвоению абляции.

Понимание ключевой роли температуры в механизме абляции в условиях континентального ледникового климата позволяет объяснить, каким образом незначительное изменение глобального климата Земли оказывает радикальное влияние на характер оледенения горных стран.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авсюк Г. А. Температурное состояние ледников // Изв. АН СССР. Сер. геогр. - 1955. - № 1. - С. 14 - 31.
2. БСЭ. - М.: Большая советская энциклопедия. - Т.18. - С. 596.
3. Гляциологический словарь. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - С. 41.
4. Касер Г. Роль испарения с поверхности снега и льда в балансе массы ледника // Материалы гляциологических исследований. - 1986. - Вып. 57. - С. 59 - 63.
5. Пальгов Н. Н. Современное оледенение в Заилийском Алатау. - Алма-Ата: Наука, 1958. - 313 с.
6. Токмагамбетов Г. А. Ледники Заилийского Алатау. - Алма-Ата: Наука, 1976. - 367 с.
7. Тронов М. В. Ледники и климат. - Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 407 с.
8. Черкасов П. А. Радиационный баланс физической поверхности горного ледника в период абляции. - Алма-Ата: Наука, 1980. - 144 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

СЕҢГІР МҮЗ КОНТИНЕНТАЛЬДІК КЛИМАТ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ АБЛЯЦИЯ ПРОЦЕССИНДЕГІ ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ МАҢЫЗДЫ РОЛІ ТУРАЛЫ

Техн. ғ. канд.
Геогр. ғ. канд.

Б. С. Степанов
Р. К. Яфязова

Сеңгір мұз континенталдық климат жағдайында өтіп жатқан абляция процессінде сеңгір мұздардың еруіне қолайлы жағдай тудыратын себеп ретінде ауаның оң температурасы деп саналады. Бірақ бұл жағдай, жер шарының температурасының аз өзгеру тұрғысынан таулы елдердің мұз басу көлемдерін осы күнге дейін түсіндіре алмай келеді. Сеңгір мұз континенталдық климат жағдайында, сеңгір мұз беткейлерінің жылу баланстарын талдау температураның күн радиация энергиясының абляция құрамаларына таралуында маңызды роль атқаратынын көрсетті.

УДК 556.011:551.311.21

**К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕЛЕФОРМИРУЮЩИХ
ДОЖДЕЙ**

Канд. физ.-мат. наук Т. С. Степанова
Л. И. Бусалаева

Предлагается система типизации ливней в горах, вызывающих ливневые паводки и селевые потоки, приведены примеры селеформирующих ливней в бассейне р. Малая Алматинка. Представлена пространственно-временная модель сильных осадков с учетом выделенных типов. Даны результаты моделирования ливней по 15-минутным интервалам времени.

Из трех важнейших условий селеформирования – наличие крутых участков русел и ложбин, наличие отложений рыхлообломочных пород, воздействие водного импульса – именно последнее играет решающую роль в цепочке событий, предопределяющих быть или не быть селевому потоку. Генезис водного импульса в большинстве случаев определяет и генезис селя. Для дождевых селей – это ливень, вызывающий ливневый сток.

Как известно, главными факторами, влияющими на водный сток вообще, являются: осадки и испарение; типы почв и подпочв; уклон; растительный покров, морфометрические характеристики бассейнов. Когда рассматриваются селевые процессы, место действия которых, как правило, горные бассейны, то мы имеем дело с малыми водосборами с обнаженными или задернованными поверхностями, а испарение является величиной второго порядка значимости по сравнению с осадками. В статье представлены первые результаты работы по созданию модели осадков, могущих вызвать селевой поток. Не будем рассматривать природу осадкообразующих процессов вообще и географию ливней. Нас интересуют только ливни в горах – характер изменения слоя и интенсивности в пределах типовых

явлений. В связи с этим первое, что нужно сделать, — это классифицировать явление, что поможет в какой-то степени разобраться в его природе; и второе — найти математическое описание хода дождя, что позволит рассчитать ливневый сток, а далее сделать определенные выводы о возможности формирования селевого потока.

Для исследования использованы плювиограммы ливней, прошедших в высокогорье, так как очаги селеформирования находятся выше 2000 м над уровнем моря. Данные были взяты за май — август по следующим высокогорным дождемерным пунктам в селевом бассейне р. Малая Алматинка: Медеу (1530 м), Селестоковая (1700 м), Усть -Горельник (1943 м), Верхний Горельник (2272 м), Мынжилки (3017 м) за период 1937 - 1977 гг. Отбиралась в основном дожди слоем (H) больше 30 мм. Эмпирическая кривая обеспеченности величины H для Заилийского Алатау по данным дождемерного пункта Селестоковая [7] приведена на рис.1

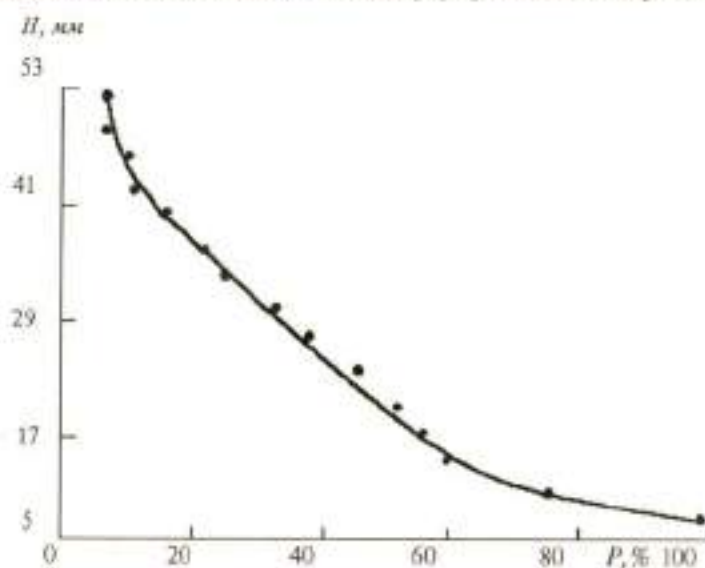


Рис. 1. Эмпирическая кривая обеспеченности значительных осадков в Заилийском Алатау

Анализ около ста плювиограмм позволил выделить три типа ливней, которые четко различаются (рис.2):

1-й тип характеризуется максимальной интенсивностью в первой трети дождя; график $H(t)$ проходит над прямой $H = Jt$ (рис.2, кривая 1), где J - средняя интенсивность за дождь;

2-й тип - ход дождя близок к равномерному или колеблется относительно среднего (рис.2, кривая 2);

3-й тип характеризуется максимальной интенсивностью во второй половине дождя - график $H(t)$ проходит под прямой $H = Jt$ (рис.2, кривая 3).

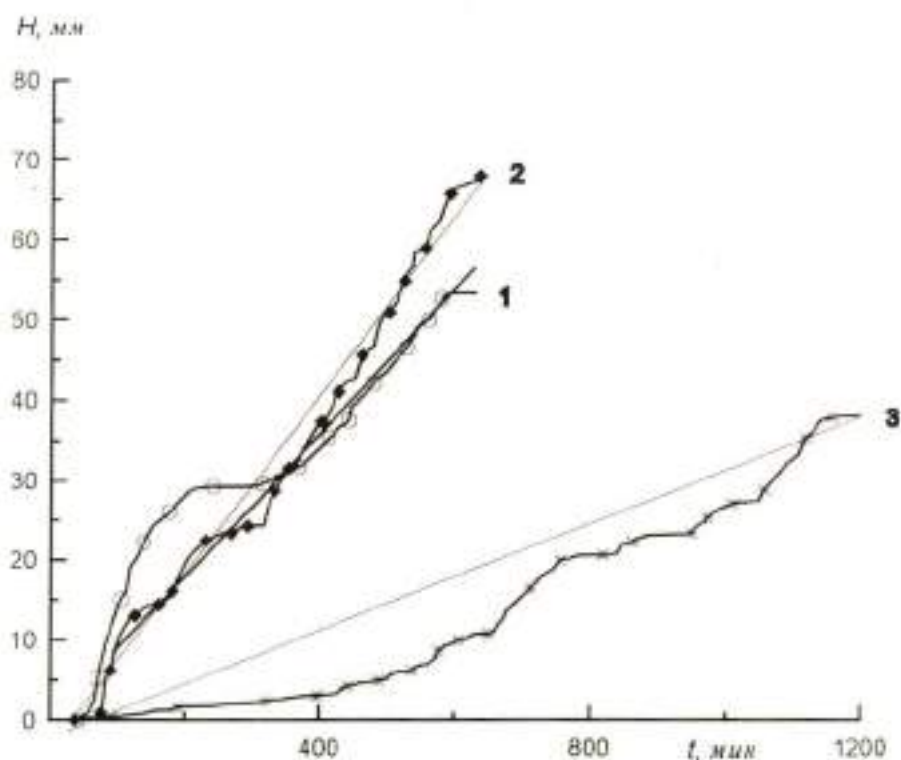


Рис. 2. Плuviограммы различных типов ливней в горах: 1 - 1-й тип (3.06.54, М Усть-Горельник); 2 - 2-й тип (14.06.53, М Верхний Горельник); 3 - 3-й тип (4.06.53, М Селестоковая)

В выборке из 35 паводкообразующих ливней 1-го типа оказалось 16, 2-го типа - 16, 3-го типа - 3. Характеристики некоторых из них приведены в табл.1, где величиной i_{max} обозначена максимальная интенсивность за 15 мин.

Характеристики некоторых паводкообразующих и селеформирующих дождей по данным М. Верхний Горельник

Дата	Продолжительность, ч	Слой Н, мм	J , мм/мин	$j_{\text{сред}}$, мм/мин	Тип дождя	Очаг селеформирования
25.05.41	1,6	70,3	0,7	1,30	1	Горельник
8.07.21	2,0	>100	0,6-0,8	2,00	3	Чимбулак Горельник
3.06.37	2,2	32,5	0,24	1,00	1	
30.07.57	3,0	30,0	0,16	0,33	1	
14.06.57	3,4	26,3	0,12	0,70	1	
16.05.47	5,2	53,3	0,15	1,10	1	Бутаковка
21.06.58	5,5	43,8	0,13	0,33	2	
7-8.08.73	7,5	37,5	0,09	0,30	2	
19.07.57	7,5	40,0	0,09	0,54	2	
8.08.70	7,6	42,0	0,09	0,73	2	
14.06.53	9,8	68,0	0,12	0,53	2	
3-4.06.54	9,8	53,3	0,10	0,50	1	Чабынсай Бутаковка
14-15.07.58	11,0	50,0	0,076	0,20	1	
29.06.77	11,0	57,2	0,09	0,60	2	
2-3.06.67	13,0	60,0	0,08	0,58	1	
20.08.77	14,3	59,1	0,06	0,30	1	
4.06.53	18,3	40,5	0,04	0,17	3	

Из этой таблицы видно, что к первому типу чаще всего относятся либо дожди большой длительности ($T > 10$ ч) и малой средней интенсивности (0,06-0,08 мм/мин), либо малой длительности ($T \leq 5$ ч) и относительно большой средней интенсивности ($J \geq 0,13$ мм/мин); ко второму типу относятся, как правило, дожди, занимающие промежуточное положение между указанными подтипами первого типа; третий тип занимает обособленное положение: Все эти дожди сформировали паводки, а некоторые из них – сели. Причем, всем селеформирующим дождям предшествовали осадки накануне.

формирования ливней показывает, что ливни в горах, как правило,

вызываются мощными вторжениями арктических масс холодного воздуха в среду теплых воздушных масс [9, 12]. Иногда (возможно в случае дождей 3-го типа) холодному фронту предшествует прохождение фронта окклюзии. Температурный перепад на фронте составляет около 10°C в случае наиболее мощных ливней и в среднем $4-5^{\circ}\text{C}$ – в остальных [9, 10].

Интересна структура ливней. На рис. 3 приведены гистограммы интенсивностей ливней выделенных типов.

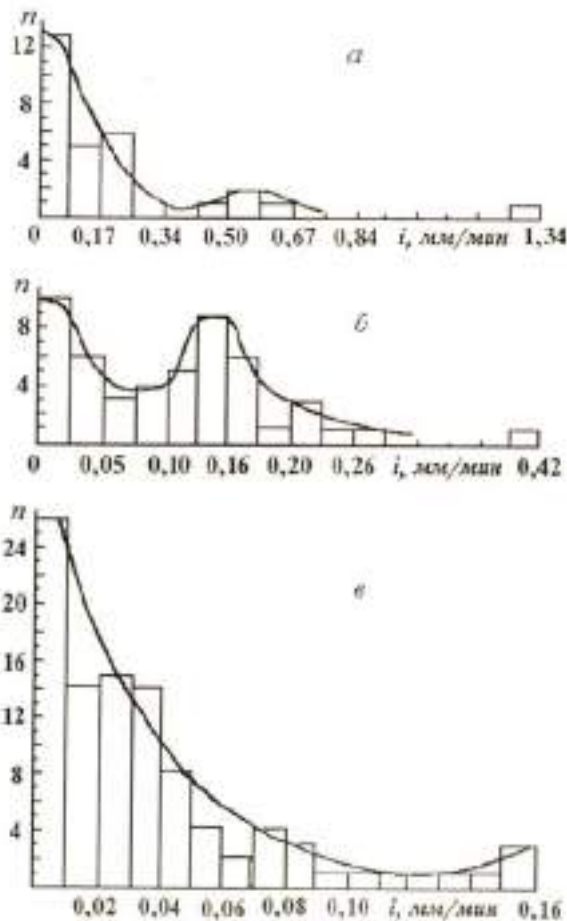


Рис. 3. Гистограммы интенсивностей различных типов ливней: а - 1-й тип (16.05.47, М Медве); б - 2-й тип (14.06.53, М Верхний Горельник); в - 3-й тип (4.06.53, М Верхний Горельник).

Все они двумодальны (как минимум), а соотношение между модами и их расположение определяют тип ливня. Гистограммы показывают, что типы ливней четко различаются и по плотности распределения вероятности и что это различие неслучайно; очевидно оно является отражением различия физических процессов в облаках, приводящих к выпадению осадков. Рассмотрим особенности селеформирующих ливней более подробно.

Дождь 8 июля 1921 г. вызвал селевую катастрофу в Заилийском Алатау. Период, предшествовавший катастрофе, отличался облачностью и обилием дождей. В горах число суток в этом году было: ясных - в июне - 2, в июле - 2; пасмурных - 8 и 10; дождливых - 20 и 19 соответственно. Алматинский краевед В. Д. Городецкий [5] приводит данные Н. К. Киселева, заведующего санаторием в Медве, который отметил 8 июля около 8 часов вечера, перед тем, как потоком снесло его дом, что сумма осадков составила уже 72 мм. Городецкий описывает метеорологическую ситуацию в этот день в городе так. К полудню прошел сильный грозовой дождь (назовем его первый); после полудня - короткий ливень с чрезвычайно крупными каплями (с пятак), вскоре опять короткий ливень с редким градом (2-й дождь); затем опять гроза с ливнями, два из них короткие и сильные (3-й дождь). Основным селеформирующим дождем надо считать третий. Виноградов Ю. Б. пишет: "...ливневое пятно, в центре которого слой осадков был не менее 100 мм и средняя интенсивность не ниже 2 мм/мин (известно, что первая селевая волна прошла через 45 минут после начала основного ливня), накрыло самые верховья притоков Малой Алматинки: Кимасар, Сарысай, Чимбулак, Чертово ущелье и Горельник" [4, с.12]. Предположив, что характер дождя в его центре тот же, что и в городе, попытаемся по описанию восстановить ход этого уникального дождя. За опорную точку возьмем момент формирования селея - 20 ч, когда сумма осадков составила не менее 100 мм (рис. 4). При этом средняя интенсивность за 45 минут до 20 часов составляет 1,5 мм/мин. Полученная Ю. Б. Виноградовым оценка средней интенсивности за это время - 2,0 мм/мин, формально неверна, так как вся сумма осадков за этот период приходится на последние 45 минут, учитывая ощущения гляциолога Н.Н. Пальгова, застигнутого в этот день ливнем (в момент наибольшей интенсивности, продолжавшейся

3 - 4 мин, ливень представлял сплошной поток; ... невозможно было дышать), и данные таблицы Н. С. Дюрнбаума [8] (выборка из которой представлена ниже - табл.2), в которой зафиксирована максимальная минутная интенсивность 3,3 мм/мин, оценка средней интенсивности 2,0 мм/мин нам представляется достаточно правдоподобной.

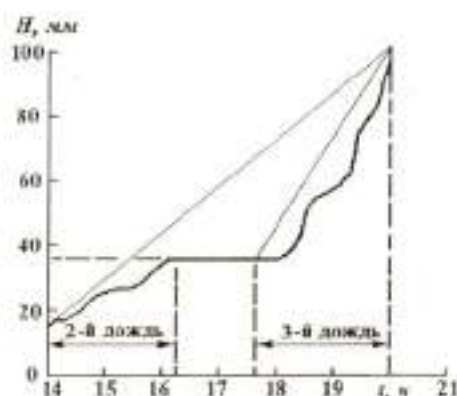


Рис. 4. Восстановленный ход селеформирующего ливня 8 июля 1921 г.

Таблица 2

Одноминутные интенсивности ливней в 1921г.
по М. Алма-Ата ГМО

Дата	Максимальная интенсивность за 1 мин	Обеспеченность, %
15.06	3,50	1,40
8.07	3,30	5,68
3.07	2,50	7,95
25.07	1,80	14,80
30.07	1,50	19,80
1.07	1,20	30,70
30.07	1,20	33,00
26.07	1,00	39,80
16.06	0,90	55,70
27.06	0,66	78,40
4.07	0,65	80,70

Тогда надо считать, что сумма за дождь в целом была скорей всего больше, так как оценку длительности основного дождя к началу сели подвергать сомнению особых оснований нет. Третий, основной дождь, относится к 3-му типу ливней.

Дождь 25 мая 1941 г. (годовой суточный максимум осадков в Заилийском Алатау) вызвал грязекаменный сели в Горельнике, наносоводный сели по р. Малая Алматинка; пловниограммы по трем станциям показаны на рис.5. Этот дождь относится к 1-му типу - максимальная интенсивность в первой его трети, составляет 0,62 мм/мин в течение 5 минут; ему предшествовал дождь 23 мая: $H = 20,1$ мм; $T = 435$ мин, $J = 0,05$ мм/мин.

Дождь 16 мая 1947 г., вызвавший грязекаменный сели в Бутаковке, наносоводный по р. М. Алматинке, обладает высокой средней интенсивностью ($J = 0,15$ мм/мин); относится к первому типу ливней; это также - годовой суточный максимум осадков в Заилийском Алатау (см. табл. 1). Ему предшествовал дождь 15 мая: $H = 22,1$ мм, $T = 182$ мин, $J = 0,12$ мм/мин. Наносоводные сели прошли также по Талгару, Иссыку и другим рекам Заилийского Алатау.

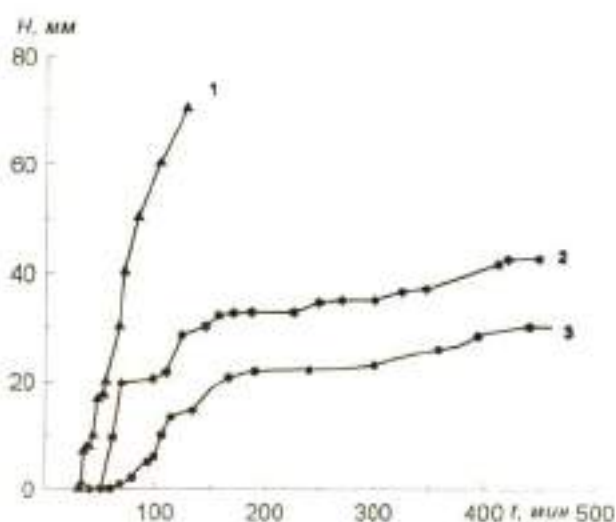


Рис.5. Пловниограммы ливня 23 мая 1941 г.: 1 - М. Горельник; 2 - М. Усть-Горельник; 3 - М. Медеу.

Дождь с 3 по 4 июня 1954 г. вызвал грязекаменный селя в Чабынсае, правом притоке р. Бутаковка, наносоводные сели по другим притокам и самой р. Малая Алматинка. Плувиограмма по станции Усть-Горельник приведена на рис.2, кривая 1: дождь имел высокую интенсивность в первой половине - 1-й тип; ему предшествовали осадки в ночь со 2 июня до 8 ч утра 3 июня, а также 1 июня; на дождемерном посту Бутаковка - устье Чабынсая зарегистрирована сумма осадков 11,5 мм и 9,9 мм соответственно.

Из этих и других описаний можно сделать следующие выводы: селеформирующие осадки могут относиться к любому из 3-х типов ливней, но преимущественно к 1-му и 3-му; главная их отличительная черта:

большие слои - $\geq 35-40$ мм,

высокая средняя интенсивность - $\geq 0,1$ мм/мин,

неоднородность структуры дождя - интенсивность, соответствующая второй моде $\geq 0,4$ мм/мин за 6-10 мин (см. рис.3а).

Для сравнения следует привести гистограмму дождя за 14 июня 1953 г., обладающего также высокой средней интенсивностью $J = 0,12$ мм/мин и высоким слоем осадков $H = 68$ мм (см. табл.1). Однако дождь не был селеформирующим - интенсивность, соответствующая второй моде гистограммы интенсивностей, близка к среднему значению (см. рис. 3б);

вторжение арктического воздуха происходит на фоне высоких местных температур воздуха, т.е. высокого расположения нулевой изотермы [9]. Это приводит к распространению осадков до 3000-4000 м над уровнем моря, где как раз расположены основные селевые очаги, с другой стороны - тем самым создаются условия для выпадения осадков на этих высотах в жидком виде;

селеформирующим дождям предшествуют осадки накануне или даже в течение нескольких предшествующих суток.

Несколько слов надо сказать о характерных площадях распространения ливней. В работе С. П. Кавецкого даются площади распространения паводкообразующих ливней для Заилийского Алатау и отмечаются следующие их особенности [10]. Общая площадь распространения колеблется в пределах от 3600 км² до 13100 км², изогисеты вытянуты вдоль основного хребта. Площади больше 5000 км² наблюдаются в 14 случаях из 16. Центр паводкообразующего

дождя, как правило, располагается на высоте 1600 - 2000 м; иногда перемещается вверх до высоты 3000 - 3500 м (8 июля 1950 г., когда сформировался грязекаменный селя на р. Кумбель). Чаще всего наблюдается один центр дождя, но 8 июля 1950 г. было два и 25 мая 1942 г. - три. Центр дождя охватывает площади до 242 км².

Вопрос моделирования интенсивности выпадения жидких осадков вообще и ливневых в частности в настоящее время в достаточной мере не проработан. Выбор схемы моделирования осадков зависит от целей моделирования. Если результатом моделирования является получение гидрографа стока, как со всего водосбора, так и с отдельных его участков, то модель осадков должна описывать их пространственно-временное распределение. Вторым важным критерием для выбора модели является наличие информации о моделируемом процессе: какой информацией мы располагаем, в каком объеме, насколько она надежна. Часто последний критерий является решающим для выбора модели.

В настоящее время существует достаточно обширный опыт моделирования выпадения осадков в отдельной точке и сложилось два стратегических направления решения задачи: использование теории стационарных случайных процессов или кластерной авторегрессионной модели.

Один из представителей первого направления, Ю. Б. Виноградов считает, что процесс выпадения дождей случаен, и что математическое ожидание интенсивности дождя за весь период непрерывного выпадения осадков является постоянной величиной [3]. Это дает возможность использовать хорошо разработанную теорию стационарных случайных процессов. Далее он рекомендует преобразовать исходный случайный процесс интенсивности выпадения осадков в соответствии со свойством эргодичности, что позволит принять гипотезу о линейной зависимости среднеквадратических отклонений и математических ожиданий элементарных процессов. Более того, он принимает (на основе эмпирических данных) равенство этих величин, что дает возможность применить экспоненциальный закон распределения интенсивности

Однако эти допущения не всегда можно принять, тем более в случае ливней. Например, допущение о постоянстве математического

ожидания величины i - условие стационарности и условие эргодичности - правомерны лишь для второго типа ливней (см. рис. 2, кривая 2), тогда как распределение интенсивности этих ливней далеко от экспоненциального (см. рис. 3 б). В случае же дождей первого и третьего типов допущение о стационарности неправомерно в принципе (см. рис. 2, кривые 1 и 3); распределение интенсивности также олично от экспоненциального (см. рис. 3а, в). Кроме того надо заметить, что анализ более 100 плювиограмм ливней в Заилийском Алатау показал, что процесс выпадения ливневых осадков по 1-му типу надо классифицировать во многих случаях больше как детерминистический, чем стохастический. Следовательно, воспользоваться теорией стационарных случайных процессов для описания интенсивности выпадения ливневых осадков в горах нельзя.

В основе второго подхода лежит представление о процессе выпадения дождей как колебании двух последовательностей случайных переменных. Первая из них включает в себя число событий выпадения осадков в пределах некоторого фиксированного периода времени, например месяца. Вторая последовательность описывает главные характеристики осадков, такие как слой, продолжительность и интенсивность. В соответствии с этой концепцией выделяются две основные части модели. Первая из них использует пуассоновский процесс для описания кластеров (групп) дождей и логарифмическое распределение вероятности для описания продолжительности и разделения дождей в пределах кластеров, предложенное Дж. Истоком и Л. Боермой [13]. Во второй части используется предложенная Р. Дж. Маршаллом [14,15] модель авторегрессии первого порядка для моделирования сумм осадков.

Пространственная структура полей осадков моделируется на основе анализа пространственно-корреляционных функций сумм осадков за определенный интервал времени [2]. Здесь трудность заключается в подборе формы изокоррелят и необходимости иметь достаточное количество плювиограмм реальных дождей для выбранного водосбора. Предложенная Р. Дж. Маршаллом пространственно-временная модель осадков достаточно хорошо соответствует поставленной задаче. В рамках последней концепции в Одесском гидрометеорологическом институте разработана

пространственно-временная модель осадков по 15-минутным интервалам времени [6], которая и была взята в качестве основы для моделирования поля осадков в бассейне р. Малая Алматинка.

В общем случае процесс моделирования осадков требует знания следующих закономерностей: распределение бездождных периодов; распределение продолжительности дождя; связь средней интенсивности дождя с его продолжительностью и обеспеченностью (ρ_{Σ}); вероятность появления дождей различных типов; корреляционная функция, описывающая пространственную структуру ливней; авторегрессионная зависимость сумм осадков за заданный интервал времени внутри отдельного ливня; распределение средней скорости движения центра дождя и его направления.

На первом этапе моделирования первое и последнее требования не учитывались.

Для моделирования продолжительности дождей использовалось логарифмическое распределение вероятности, предложенное Дж. Истоком и Л. Боерсмой [13],

$$P\{T=m\} = lk^{m-1} \left(\frac{1}{m+q-1} - \frac{k}{m+q} \right),$$

где $P_{\{T=m\}}$ - вероятность того, что продолжительность дождя T равна некоторому значению m ; l , q , k - параметры логарифмического распределения, вычисляемые с помощью следующих уравнений численными методами

$$\left[\frac{N_r(q+r)}{N_s(q+s)} \right]^{\frac{1}{r-1}} = \left[\frac{N_r(q+r)}{N_t(q+t)} \right]^{\frac{1}{r-1}},$$

$$k = \left[\frac{N_r(q+r)}{N_s(q+s)} \right]^{\frac{1}{r-2}},$$

$$l = \frac{(q+r)N_r}{k},$$

где N_r , N_s , N_t - соответственно, накопленные частоты продолжительностей $r=1$, $s=4$, $t=10$ ч.

Для расчета слоя дождя за 15 минут (a_i) использовалось значение средней интенсивности, вычисляемое по формуле Г. А. Алексева [1]

$$i_s = \frac{A + B \lg\left(\frac{I \cdot 100}{P}\right)}{(T + I)^{0.5}},$$

$$a_i = i_s \cdot 15,$$

где A и B - постоянные для данной метеостанции ливневые параметры; P - обеспеченность в %.

Для учета внутрирядной корреляции внутри отдельных дождей использовалась авторегрессионная модель первого порядка для централизованной величины

$$Z_i = x_i - \mu,$$

где

$$\mu = \ln(a_i),$$

x_i - приведенная к нормальному распределению величина 15-минутных сумм осадков.

Тогда

$$Z_i = \varphi Z_{i-1} + e_i,$$

где φ - коэффициент авторегрессии сумм осадков; e - случайный многомерный вектор, учитывающий пространственную корреляцию.

Элементы случайного вектора вычисляются по формуле:

$$e_i = \sum_{j=1}^i S_{ij} N_{ij}, \quad i=1, 2, \dots, n,$$

где S_{ij} - элемент ковариационной треугольной матрицы; N_{ij} - нормально распределенное случайное число; n - количество точек, для которых проводится расчет.

Элементы ковариационной матрицы рассчитываются по формулам, приведенным в работе [6].

Для описания формы линий изокоррелят пространственно-корреляционной функции в модели использовалось предложенное Р. Дж. Маршаллом эллиптическое уравнение следующего вида

$$r(u, v) = h \exp\{-(a^2 u^2 + b^2 v^2)\},$$

где w и z - вращательные оси, определяемые как

$$w = u \sin \alpha + v \cos \alpha, \quad z = v \sin \alpha - u \cos \alpha.$$

Здесь α представляет ориентацию изокоррелят; a и b - параметры, определяющие степень убывания корреляции по направлению малой основной оси эллипса; u и v - связанные координаты, определяемые как

$$u_0 = u_i - u_j, \quad v_0 = v_i - v_j$$

для точек с координатами (u_i, v_i) и (u_j, v_j) .

Базовая модель позволяет получать, варьируя начальные условия, первые два типа дождя. Так, если начальные условия принимаются равными нулю, получаем для достаточно длительных дождей постепенное возрастание интенсивности до среднего значения и затем некоторые колебания относительно среднего, что соответствует 2-му типу дождя по приведенной выше классификации. При начальных условиях, не равных нулю, картина резко меняется. Наблюдается резкое возрастание интенсивности от нуля до некоторого значения, превышающего среднюю интенсивность, а затем интенсивность снижается ниже среднего значения и колеблется, то достигая, то падая ниже расчетного значения средней интенсивности, что для коротких дождей неплохо соответствует 1-му типу. Большую трудность представляет группа дождей 3-го типа, характеризующаяся значительными колебаниями 15-минутных интенсивностей относительно средней расчетной интенсивности, особенно во второй половине дождя. Однако и эта задача достаточно легко решается, если рассматривать дождь 3-го типа как комбинацию дождей 1-го и 2-го типов. Таким образом, все многообразие дождей в изучаемом бассейне можно получить, используя данные табл.1 и датчик случайных чисел.

Учитывая все вышесказанное, сам процесс моделирования можно представить в виде последовательности следующих действий:

моделируется продолжительность дождя T_p ;

вычисляется средняя расчетная интенсивность дождя в зависимости от T_p и обеспеченности p_R ;

выбирается случайное значение u_0 и v_0 ;

определяется тип дождя в зависимости от T_p ;

задаются начальные условия в зависимости от типа дождя;

моделируется временная последовательность логтрансформированных 15-минутных сумм осадков для данного дождя x_i ;

проводится обратное преобразование смоделированных осадков с помощью уравнения

$$y_i = \exp(x_i) - 0,01,$$

где y_i - преобразованная сумма осадков;

рассчитываются характеристики смоделированного дождя по бассейну.

Для моделирования следующего дождя последовательность действий повторяется.

Для определения параметров пространственно-временной модели ливневых осадков для бассейна р. Малая Алматинка (площадь водосбора $F = 120 \text{ км}^2$) использовались данные, полученные в результате анализа плювиограмм для семи постов в бассейне этой реки за период с мая по август 1940 - 1963 гг. Выбирались дожди со слоем более 30 мм, способные вызвать селеобразующие паводки. Данные плювиограмм выбранных станций путем логарифмирования приводились к нормальному распределению. Предполагалось, что параметры модели постоянны в течение всего ливневого периода с мая по август. Для нормализованных данных определялись статистические параметры: среднее μ и стандартное отклонение σ .

Параметры l , q , k для моделирования продолжительностей дождей определялись численными методами, после определения по данным наблюдений значений N_a , N_b , N_c . Параметры h , a , b , α и коэффициент авторегрессии ϕ определялись методом наименьших квадратов. Ливневые региональные параметры А и В постоянны и для Заилийского Алатау приведены в работе [11]. Значения параметров модели приведены в табл.3.

Для идентификации параметров модели был разработан пакет программ для ПК, позволяющий заносить данные плювиограмм дождей для разных станций, рассчитывать, используя эти плювиограммы, суммы осадков за различные интервалы времени, рассчитывать параметры модели по уже занесенным данным, дополнять вновь появившимися данными, просматривать графики

хода дождей по одной станции или совмещенные графики по нескольким станциям.

Таблица 3

Значения параметров модели осадков для водосбора р. Малая Алматинка

l	q	k	h	a	b	α	φ	A	B
1,795	1,649	0,773	0,883	0,636	0,037	2,085	0,676	3,25	3,21

Для имитационного моделирования дождей с помощью представленной выше модели был разработан пакет программ PLUIE на языке TURBO PASCAL, который позволяет генерировать с помощью метода Монте-Карло ливневые дожди в виде рядов 15-минутных сумм осадков различной обеспеченности. Моделирование осадков осуществляется равномерно по водосбору в узлах прямоугольной решетки $M \times N$. Каждый прямоугольник представляет собой участок земли размером $1,5 \times 1,9 \text{ км}^2$. Программа VODOSBOR позволяет определять количество осадков, выпавших на тот или иной участок водосбора как за каждую 15-минутку, так и за весь дождь. Графики изменения 15-минутных слоев смоделированных дождей двух типов показаны на рис. 6.

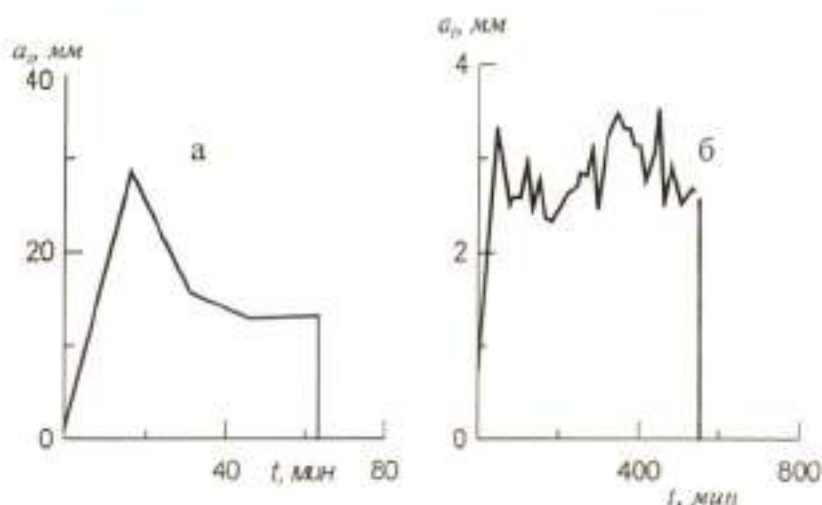


Рис. 6. Результаты моделирования ливней по программе PLUIE: а, б - изменение 15-минутных слоев дождей 1 и 2 типа соответственно.

Специальный дополнительный пакет GRAFORAC позволяет представить смоделированный дождь в виде карты изолиний сумм осадков тоже как за каждую его 15-минутку, так и за весь дождь. Пример такой карты приведен на рис. 7.

Из приведенных рисунков видно, что результаты моделирования вполне правдоподобны. Ведь, как сказал великий Монтень в своих "Опытах", поскольку в альманахах о предсказаниях можно найти все, что угодно, в них, очевидно, наряду с ложью должна содержаться и правда.

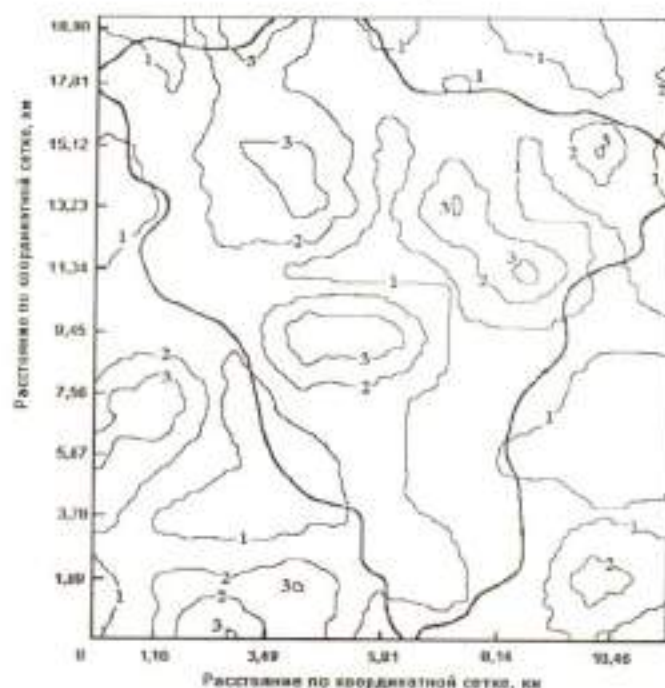


Рис. 7. Карта изолиний сумм осадков дождя 1-го типа:
1 - 53,35 мм; 2 - 88,31 мм; 3 - 123,28 мм.

Дальнейшие разработки, связанные с моделью ливневых осадков, должны идти по пути учета скорости и направления движения центра дождя. Это достаточно сложная задача, её решение требует учета влияния на движение центра дождя атмосферных вихрей и паводочного стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Г. А. Метод установления зависимости между интенсивностью, продолжительностью и повторяемостью ливней // Тр. НИИГУГМС. - 1941. - Серия IV, вып. I. - С. 13 - 27.
2. Алибегова Ж. Д. Пространственная структура поля сумм осадков, осредненных по 15-минутным интервалам // Тр. ГГО. - 1972. - Вып. 280. - С. 195 - 208.
3. Виноградов Ю. Б. Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Южного Казахстана // Тр. КазНИГМИ. - 1967. - Вып. 28. - 262 с.
4. Виноградов Ю. Б. Этюды о селевых потоках. - Л.: Гидрометеониздат, 1980. - 144 с.
5. Городецкий В. Д. Причины Алматинской катастрофы 8 июля 1921 г. - Алма-Ата, 1936. - 38 с.
6. Данг Нгок Тинь. Пространственно-временная модель дождевых осадков / Одесский гидрометеорологический институт. - Одесса, 1991. - 8 с. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ - МЦД 06.11.91, № 1100.
7. Дейчева В. Г. Некоторые характеристики значительных осадков на территории Казахской ССР // Тр. КазНИГМИ. - 1977. - Вып. 63. - С. 62 - 74.
8. Дюрнбаум Н. С. К защите г.Алма-Ата от селевых потоков // Коммунистическое строительство. - 1939. - № 8 - 9.
9. Есеркепова Т. А. Синоптические процессы, предшествовавшие селевым паводкам ливневого происхождения в бассейнах Большой и Малой Алматинок // Тр. КазНИГМИ. - 1967. - Вып. 29. - С. 26 - 35.
10. Кавецкий С. П. Сели в Заилийском Алатау. - Рукопись ГМФ Инв. № 1265, Алма-Ата, 1950. - 201 с.
11. Самохин А. А., Соловьева Н. Н., Догановский А. М. Практикум по гидрологии. - Л.: Гидрометеониздат, 1980. - С. 64 - 75.
12. Ширкина Н. А. Анализ синоптических условий ливней на Европейской территории СССР // Тр. ГГИ. - 1947. - Вып. 1(55). - С. 75 - 105.
13. Istok J. D., Boersma L. A stochastic cluster model for hourly

- precipitation data // *J. Hydrol.* - 1989. - Vol. 06, № 4. - P. 257 - 285.
14. Marshall R. J. A spatial temporal model of storm rainfall // *J. Hydrol.* - 1983. - Vol. 62. - P. 53 - 62.
15. Marshall R. J. The estimation and distribution of storm movement and structure using a correlation analysis technique and raingange data // *J. Hydrol.* - 1980. - Vol. 48. - P. 19 - 39.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ЛАЙЛЫ-ТАСҚЫНДАРДЫ ҚАЛЫПТАСТЫРАТЫН ЖАУЫНДАРДЫ ҮЛГІЛЕУ СҰРАУЫНА

Физ.-мат.ғ. канд.

Т. С. Степанова
Л. И. Бусалаева

Тауларда су және лайлы-тасқындарды қоздыратын нөсерлерді типке келтіру жүйесі ұсынылған және Кіші Алматы өзенінің су алқабында лайлы-тасқындарды қалыптастыратын нөсерлердің мысалдары келтірілген. Күшті жауындардың бөліс типтерінің уақыттылы-кеңістік үлгілері келтірілген. Нөсерлердің 15 минут арасында күшейе түсуінің үлгілеу нәтижелері берілген.

УДК 504.4.062.2(574)

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ОЦЕНКИ СРАВНИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РЕЧНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ИЗ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО РАВНОВЕСНОГО СОСТОЯНИЯ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Канд. геогр. наук М. Ж. Бурлибасв

Рассматриваются различные варианты устойчивости речной экосистемы за многолетний период на примере отдельных биокомпонентов речного комплекса. Результаты могут быть использованы при обосновании экологического стока рек как наиболее отвечающие оптимальным критериям благополучного развития речной экосистемы.

Как ранее нами подчеркивалось [4,5,6,7], в современных условиях нет единой, общепризнанной системы критериев во взаимосвязи с совокупностью правил водоохранных мероприятий, относительно которых можно было бы определять устойчивость речных экосистем ко внешним возмущающим факторам, и разработка ее представляется проблематичной. Например, нет единства мнений относительно экологических критериев оценки благополучия речных экосистем. В качестве основных показателей благополучия различные авторы предлагают такие признаки, как целостность, стабильность, надежность, буферность, аномальность, управляемость, бонитетность по народно-хозяйственной значимости и т. д.

Очевидно, что при столь широком разнообразии мнений по предлагаемому критерию, возникает, как сам собой разумеющийся, вопрос об целесообразности их объединения в единую систему для разработки комплексной оценки по приоритетности. На наш взгляд, первоочередного рассмотрения и обоснования требуют критерии устойчивости речных экосистем по отношению к возмущающим воз-

действиям, т.е. в данном случае гидрологическому режиму как интегральному показателю, отвечающему всем требованиям нормального развития речного комплекса. При этом допускается, что эти требования предъявляемые к уровенному, температурному и гидрохимическому режимам, стоку наносов замыкаются на водности реки, наблюдаемой при естественном гидрологическом режиме, и на их изменения речная экосистема реагирует динамичностью развития через биопродуктивность травостоя и соленакопление почв пойменных лугов. Поэтому нас прежде всего интересует сток весеннего половодья и паводков и его взаимодействие с речной экосистемой, ибо ее благополучие на год определяется объемами этого показателя и длительностью затопления пойменных лугов, тогда как в остальное время года к гидрологическому режиму предъявляются требования по поддержанию этого благополучия. В связи с чем в данной работе, дополнительно к предыдущим, сделана попытка приблизить результаты математического моделирования условия динамичной устойчивости речной экосистемы Шу к реальности за счет использования в детерминированной модели стохастических данных речного комплекса, полученных в результате многолетних наблюдений за биопродуктивностью травостоя, соленакоплением в корнеобитаемом слое почв пойменных лугов и обеспеченностью стока весеннего половодья и паводков. Необходимо отметить, что в основу удлиненных рядов биопродуктивности травостоя и соленакопления почв пойменных лугов для полученных зависимостей легли результаты фундаментальных работ таких известных казахстанских ученых, как О. М. Демина [8] и У. Ж. Аханов [2].

Казалось бы чего проще, аппроксимируя уравнениями регрессии полученные зависимости (рис.), выдавать оптимальные значения биопродуктивности травостоя и соленакопления почв затопляемых пойменных лугов целиком за устойчивость речной экосистемы и решать целостные задачи рационального природопользования. Как представляется, решение подобных задач аналогичным путем изначально неверно, хотя бы из-за отсутствия теоретических обоснований наличия или отсутствия устойчивости речных экосистем к внешним факторам, влияющим на водно-солевой гидрохимический режим стока весеннего половодья и паводков. Поэтому считаем целесообразным переход от статистического моделирования

процесса к детерминированному, из-за чего собственно и настоящей работе как и прежде, нас интересует наличие или отсутствие признаков устойчивости из условия детерминированной задачи в декартовых координатах. При решении детерминированной задачи в декартовых координатах, аналогично ранее опубликованным работам, нами также привлекается гомеостатическая кривая Б. В. Фащевского по воспроизводству рыбных запасов в качестве дополнительного критерия для контроля правильности решаемых задач.

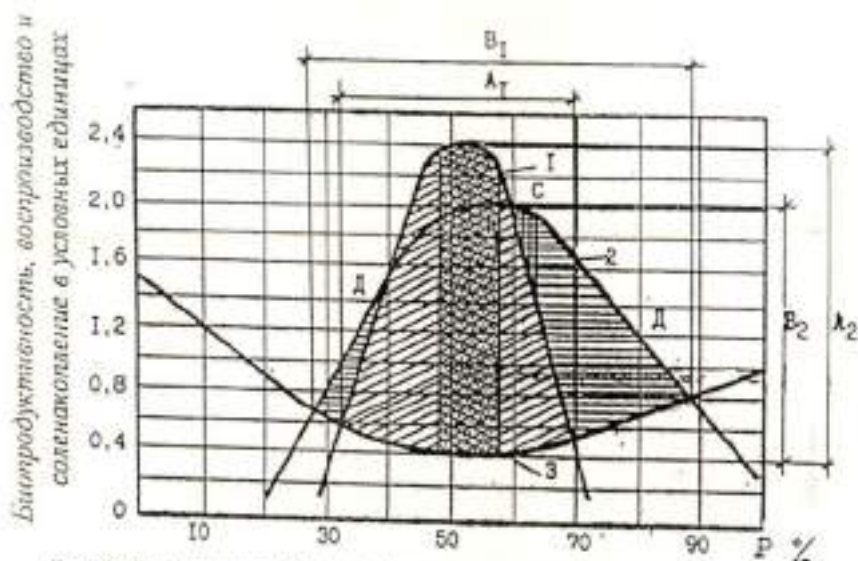


Рис. Зависимость биопродуктивности пойменных лугов (1), воспроизводства рыбных запасов по Фащевскому (2) и соленакопления почв пойменных лугов (3) от обеспеченности весеннего паводья и наводки ($P\%$) на примере реки Шу. A_1, A_2, B_1, B_2 — искусственное ограничение области определения функции

Ранее нами оговаривалось [6,7], что в математической теории устойчивости существуют достаточное множество определений этого понятия, основным из которых является оценка устойчивости по академику А.М. Ляпунову. Поэтому становится понятным желание подвергнуть испытанию устойчивость Ляпунова на примере речной экоси-

стемы Шу, используя весь спектр разработанных им критериев, но с некоторыми ограничениями, учитывая уникальность решаемых задач.

При решении данной задачи нами будут преобразовываться критерии устойчивости, т.е. задаваемые параметры по оси ординат ограничиваются как сверху (максимумы биопродуктивности травостоя пойменных лугов и воспроизводства рыбных запасов), так и снизу (минимумы соленакопления почв пойменных лугов). При этом следует оговориться, что ни одно значение переменных и аргументов не может быть равно нулю или бесконечности.

Из предыдущей работы известно, что фазовое пространство системы уравнений, описывающих состояние функционирования речной экосистемы, распадается на три условные области [7].

Исследования по определению устойчивости в области точек перегиба парабол тождественны задачам прикладной механики, показали, что устойчивость, как это принято в решении подобных задач в области теории машин и механизмов, в этом случае отсутствует [7].

В связи с чем в настоящей работе будет продолжен поиск критериев устойчивости речной экосистемы в области целенаправленного целостного отрезка полученных зависимостей, в пределах 51 - 60 % - ной обеспеченности стока весеннего половодья и паводков, когда наблюдается относительное равновесное положение речной экосистемы.

Для поиска корректного решения поставленных задач нами будут варьироваться проецирования начала координат в различных точках направленного отрезка с целью получения симметричных положительных и отрицательных частей декартовой системы, а также для достоверного определения угловых коэффициентов между кривой и проводимыми касательными линиями, согласно учениям Л. Д. Кудрявцева и Л. А. Понтрягина.

Таким образом, результаты испытания устойчивости применительно к речной экосистеме в купе с такими понятиями как экологическая устойчивость, толерантность, гомеостаз, сукцессия и анабиоз в условиях жизнедеятельности отдельных биоконпонентов должны дать однозначный ответ на вопрос о том, по каким должны быть пути восстановления деградированных речных экосистем.

Согласно каноническим подходам применения дифференциальных уравнений, предположим, что положение равновесия автономно существующей речной экосистемы описывается системой уравнений следующего вида:

$$\begin{aligned} P' &= f(p, y), \\ Y' &= \varphi(p, y). \end{aligned} \quad (1)$$

Далее будем исходить из того факта, что правые части приводимой системы уравнений непрерывно дифференцируются. Гипотетически принимая за начало координат область среднемноголетнего значения стока половодья и паводков в детерминированной задаче и линеаризуя систему уравнений (1), в этом отрезке разложим их в ряды Тейлора по p и y , в результате чего получаем линейную систему уравнений

$$\begin{aligned} P' &= a_1^1 P + a_2^1 Y, \\ Y' &= a_1^2 P + a_2^2 Y. \end{aligned} \quad (2)$$

Как и в предыдущих наших работах, вводим собственные значения матрицы $\begin{bmatrix} A & \\ & \end{bmatrix}$ и обозначим их через λ и μ . Опираясь на учение Л. А. Ляпунова, подчеркнем, что положение равновесия, принятое нами за начало координат в системе уравнений (1), называется невырожденным, если λ и μ не равны между собой и их действительные части отличны от нуля. С учетом выводов, полученных в предыдущих наших работах подчеркнем, что для невырожденного положения равновесия (вблизи центра равновесного состояния) в начале координат (1) по существу во многом совпадает с положением равновесия (2). Согласно Л. А. Понтрягина и Л. Д. Кудрявцева, если собственные значения матрицы λ и μ действительны и отрицательны, то положение равновесия называется устойчивым узлом и наоборот, когда λ и μ действительны и положительны, то положение равновесия называется неустойчивым узлом. В случаях комплексной сопряженности λ и μ , имеющих отрицательную действительную

часть, положение равновесия называется устойчивым фокусом, и наоборот, при наличии положительной действительной части и комплексной сопряженности положение равновесия называется неустойчивым фокусом.

Как и в начальной стадии, разлагая правые части системы (2) в ряды Тейлора по P и Y до членов второго ряда получаем

$$\begin{aligned} P' &= a_1^1 P + a_2^1 Y + r(P, Y), \\ Y' &= a_1^2 P + a_2^2 Y + s(P, Y). \end{aligned} \quad (3)$$

Откуда коэффициенты r и s в начале координат (вместе со своими первыми производными по P и Y) могут быть записаны в виде:

$$\begin{aligned} r(P, Y) &= r_{xx} P^2 + 2r_{xy} PY + r_{yy} Y^2, \\ s(P, Y) &= s_{xx} P^2 + 2s_{xy} PY + s_{yy} Y^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Причем коэффициенты r_{ij} и s_{ij} этих квадратичных форм являются функциями переменных P и Y , ограниченными в свою очередь вблизи начала координат. Производя действительное линейное преобразование величин P, Y в искомые величины ξ, η , можно привести систему уравнений (4) к простому виду. Во-первых, если λ и μ матрицы $\begin{vmatrix} a & \\ & \end{vmatrix}$ действительны и различны, то система уравнений для ξ и η записывается в виде: $\xi' = \lambda\xi + \theta(\xi, \eta)$, и $\eta' = \mu\eta + \sigma(\xi, \eta)$. Во-вторых, при комплексной сопряженности собственных значений матрицы $\begin{vmatrix} a & \\ & \end{vmatrix}$, система уравнений для ξ и η , имея вид $\mu + i\eta$, записывается в виде $\xi' = \mu\xi - v\eta + C(\xi, \eta)$, $\eta' = v\xi + \mu\eta + \sigma(\xi, \eta)$. В обоих случаях остаточные члены $C(\xi, \eta)$ и $\sigma(\xi, \eta)$ обладают теми же свойствами, что и $r(P, Y)$ и $s(P, Y)$, в свя-

зи с чем относительно показателей устойчивости U_1 и U_2 получаем новую расшифрованную систему уравнения

$$\begin{aligned} P' &= f(P, Y) = \lambda P + r(P, Y), \\ Y' &= \psi(P, Y) = \mu Y + s(P, Y). \end{aligned} \quad (5)$$

где $\lambda < 0$, $\mu > 0$. Необходимо оговориться, что в последующем будут использованы лишь такие свойства правых составляющих системы уравнений, как непрерывная дифференцируемость правых частей по P и Y и область ограничения функции r'_i и s'_i вблизи начала координат. При этом доказательство наличия устойчивости распадается на две части, а именно на наличие отрезка и показателя устойчивости, подходящего к началу координат вдоль положительной части оси абсцисс по мере убывания координат P , с доказательством единственности U_1 в целостной системе $U_1 - U_2$ относительно начала координат. А также на наличие U_2 и его единственность, доказываемые аналогично U_1 . При переходе к доказательству существования U_1 допустим, что $\omega(P, Y) = Y - 2P^2$ при $\alpha > 0$, и рассмотрим это предположение в плоскости параболы (P, Y) , определяемой уравнением $\omega(P, Y) = 0$. Парабола относительно оси абсцисс и ординат разбивает рассматриваемую плоскость на две части: положительную, содержащую положительную полуось ординат, и отрицательную. Прежде всего становится ясным, что если α - достаточно большое положительное число, а P - достаточно малое ($|P| < \varepsilon$), то вся траектория системы (5), пересекающая участок $|P| < \varepsilon$ параболы $\omega(P, Y) = 0$, переходит с отрицательной стороны на положительную. Для этого необходимо вычислить производную $\omega'_x(P, Y)$ функции $\omega(P, Y)$. Учитывая, что $\omega(P, Y) = 0$ в системе уравнений (5) запишем, что $\omega'_x(P, \alpha P^2) = Y' - 2\alpha P P' = \alpha(\mu - 2\lambda)P^2 + s_{y_i} P^2 + \dots$. Число $\mu - 2\lambda$ является положительным, а функция s_{y_i} ограничена вокруг начала координат, в связи с чем можно выбрать настолько большое число α , чтобы выполнялось условие $\alpha(\mu - 2\lambda) - |s_{y_i}| > \delta$, где $\delta > 0$. Неучтен-

ные члены уравнений при $\omega'_x(P, \alpha P^2)$ имеют критерии малой значимости третьего порядка по P , и поэтому существует такое положительное число ε , что при $|P| < \varepsilon$ имеем $\omega'_x(P, \alpha P^2) > 0$, причем это имеет место только в начале координат. Из вышеизложенного доказательства следует, что вся траектория системы уравнения (1), за исключением положения равновесия в начале координат, пересекает рассматриваемый участок параболы в направлении роста функции $\omega(P, Y)$. Аналогичным образом можно также доказать, что участок $|P| < \varepsilon$ параболы $Y + \alpha P^2 = 0$ пересекается всеми составляющими траектории системы уравнений (5), за исключением положения равновесия, снаружи во внутрь, ибо внутренняя область параболы $(Y + \alpha P^2) = 0$ содержит отрицательную полуось ординат. Для доказательства такого положения предположим, что a и b точки, в которых прямая $x = \varepsilon$ пересекает соответственно параболы $\bar{\omega}(P, Y) = 0$ и $Y^2 + \alpha P^2 = 0$. Соединяя через начало координат и через точки a и b , получим и рассмотрим треугольник $[0, a, b]$, состоящий, в свою очередь, из двух частей парабол и прямолинейного отрезка $[a, b]$. Если дополнительно введенная ε достаточно мала, то вся траектория системы уравнений (1), проходящая через треугольник, пересечет отрезок $[a, b]$. Отсюда следует, что выражение $P' = \lambda P + r(P, Y)$ при $0 < P < \varepsilon$, то $|Y| < \alpha P^2$ отрицательна, так как $\lambda < 0$, а $r(P, Y)$ есть нечто иное, как квадратичная форма зависимости по P и Y с ограниченными коэффициентами. Для доказательства этого допущения, предположим, что $\varphi(x, z)$ - траектория системы уравнения (5), начинающаяся при $x = 0$ (в некоторой точке z , интервала $[a, b]$). При таком подходе, отрезок $[a, b]$ гипотетически содержит хотя бы одну точку x_1 , что соответственно предопределяет существование траектории $\varphi(x, z_0)$, начинающейся на отрезке $[a', b']$ и асимптотически приближающейся к началу координат. Касательная к траектории $\varphi(x, z_0)$ в точке (P, Y) имеет угловой коэффициент $K(P, Y) = \mu Y + s(P, Y) / \lambda P + r(P, Y)$. Так как точка (P, Y) траектории

$\varphi(x, z_0)$ принадлежит треугольнику, то $|Y| < \alpha P^2$ при $0 < P < \varepsilon$ откуда следует, что коэффициент $K(P, Y)$ остается конечным и при $P \rightarrow 0$.

С другой стороны, рассекающий угловой коэффициент $K(P, Y)$, проведенный через начало координат в точку (P, Y) траектории $\varphi(x, z_0)$, равен соотношению Y/P , так как имеет место неравенство $|Y| < \alpha P^2$ при $0 < P < \varepsilon$. Значит, кривая $\varphi(x, z_0)$, упирающаяся в начало координат имеет в точке θ непрерывную производную и касается оси абсцисс. Траектория $\varphi(x, z_0)$ определяет собой отрезок U_1 , при этом отрезок U_2 , подходящий к точке θ вдоль отрицательной части оси абсцисс, также касается оси абсцисс в точке θ . Необходимо уточнить, что эти два отрезка (U_1 и U_2) вместе составляют кривую U , описываемую уравнением вида $Y = U(P)$, где $U(P)$ есть непрерывно дифференцируемая функция переменного P . Для доказательства целостности и единственности этих отрезков необходимо преобразовать систему координат так, чтобы $Y = U(P)$ стала осью абсцисс. Для этой цели необходимо ввести в формулу функции Y функцию Z в следующей последовательности, т.е. $Y = U(P) + Z$. Следует отметить, что при таких преобразованиях необходимо уделить пристальное внимание на стохастическую природу стокообразования в речных экосистемах. Далее, произведя в системе (5) замену $Y = U(P) + Z$, получаем систему уравнений следующего вида:

$$\begin{aligned} P' &= f[P, U(P) + Z] = F(P, Z), \\ Z' &= \psi[P, U(P) + Z] - U'(P)f[P, U(P) + Z] = G(P, Z). \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь неизвестными функциями являются P и Z . При этом следует учесть, что функция $U(P)$ имеет непрерывную производную, тогда как функция $F(P, Z)$ имеет непрерывные производные по обоим переменным, то есть по P и Z . Следовательно, функция $G(P, Z)$ также непрерывна по P и имеет непрерывную производную по Z , однако, существование непрерывной производной $G(P, Z)$ по P из-за трудности доказательства не установлено.

В ходе дальнейшего решения устойчивые отрезки U_1 и U_2 системы уравнений (5) переходят в отрезки оси абсцисс плоскости (P, Z) , собственно говоря из-за чего система уравнения (6) имеет решения, в которых функция P , асимптотически приближаясь к нулю, изменяется монотонно, а функция Z - противовес этому явлению, равна нулю, из чего следует, что $G(P, 0) = 0$. Функция $G(P, Z)$ может быть записана в виде $G(P, Z) = ZH(P, Z)$, где $H(P, Z)$ - непрерывная функция переменных P и Z . Из соотношения $G(P, Z) = ZH(P, Z)$, с учетом непрерывности функции $H(P, Z)$, можно получить

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial G(P, Z)}{\partial P} \right|_{P=0} \Big|_{Z=0} &= \lim_{Z \rightarrow 0} G(0, Z) - G(0, 0) / Z - 0 = \\ \lim_{Z \rightarrow 0} G(0, Z) / Z &= \lim_{Z \rightarrow 0} H(0, Z) = H(0, 0). \end{aligned} \quad (7)$$

Далее, с учетом преобразования систем уравнений (5) и (6), получим $\frac{\partial G(P, Z)}{\partial P} \Big|_{P=0} = \mu$, откуда следует, что $H(0, 0) = \mu$, исходя из чего $Z' = [ZH(P, Z)]$. Необходимо уточнить, что $H(P, Z)$, находясь близко к μ , вокруг начала координат является одним из представителей положительных составляющих рассматриваемых зависимостей в декартовой системе координат. Из этого следует, что вокруг начала координат (вдоль каждой траектории) в отличие от кривой U (т.е. от системы $U_1 - U_2$), координаты Z сохраняют свой знак и возрастают по модулю адекватно X . Таким образом доказывается целостность отрезков U_1 и U_2 , где ни одна траектория, проходящая вне оси абсцисс плоскости (P, Z) , не может асимптотически приближаться к началу координат. Полученные результаты показывают, что при четном и нечетном угловом коэффициенте K устойчивость узлов и фокусов достигается в точках $p = 0$, $\varphi = k\pi / 2$, при этом неустойчивые отрезки V_1 и V_2 направлены по оси φ , а устойчивые - по кривым U , приближающимся к направленному отрезку параболы как сверху, так и снизу. За счет этого, собственно, и обеспечивается относительно устойчивое решение задаваемых параметров при равновесном положе-

нии речной экосистемы по отношению к отрезку, соответствующему $P = 51\% - 60\%$, тогда как в целостной зависимости биопродуктивности и соленаккумуляции решение устойчивости отсутствует.

Как показывают полученные зависимости, максимумы производства травостоя и минимумы соленаккумуляции приходятся на средние по обеспеченности ($P = 51 \div 60\%$) весеннего половодья и паводков, тогда как на многоводные и маловодные годы по обеспеченности наблюдаются снижения травостоя и рост соленаккумуляции. Этому явлению существуют не только математическое, но и физическое объяснение, подробное описание которых осуществлено в предыдущих работах [4,5,7]. В дополнение к этим работам подчеркнем, что к потери сообществами прежней ценотической роли, развитию и утверждению более гигро- и гидрофильных видов в многоводные годы, входящих в состав ценоза в виде развитых растений, приводит и существование процесса анабиоза переувлажнением для ксеро- и галофитных видов растений. В данном случае процесс анабиоза нами понимается в изложении академика А. М. Голдовского [3], то есть временное прекращение активной жизнедеятельности в зависимости от условий среды обитания. Следует оговориться, что А. М. Голдовским рассматриваются только три вида анабиоза - при высыхании, охлаждении и в связи с высокой концентрацией солей (высокое осмотическое давление), то есть им полностью был проигнорирован процесс анабиоза при высоком переувлажнении, который на заре развития луговедения, А. В. Шенниковым и Т. А. Работновым [9] объяснен как переход во вторичное состояние покоя.

На длительное затопление реакция почв пойменных лугов по соленаккумуляции адекватная, то есть если в начальный период затопление действует в качестве промывного режима, то далее это приводит к повышенному солесодержанию в результате осаждения валового объема солей и поднятия уровня сильно минерализованных грунтовых вод. При этом преобладающим в составе солей становится сульфат натрия с последующим расположением сульфатов кальция и магния, с дальнейшим увеличением солесодержания к концу затопления за счет хлористого натрия. При этом основной причиной нарушения важнейших физиологических функций луговых растений выступает токсическое действие избытков ионов легкорастворимых солей, сказывающихся прежде всего в подавлении синтеза белка. Как

результат, ингибируется рост и развитие митохондрий и хлоропластов, подавляется биосинтез хлорофила и, следовательно, процессы фотосинтеза и дыхания. Иначе говоря, в данном случае подтверждается не только тезис, выдвигаемый нами о анабиозе переувлажнением, но и анабиоз А. М. Голдовского по высокой концентрации солей в почвах затопляемой поймы.

Соленаккумуляции почв при отсутствии промывных вод, из-за краткочасности или отсутствия затопления, контролирующей эффект оказывает эоловый солеснос из окружающих солончаков за счет турбулентной диффузии атмосферного воздуха. При отсутствии затоплений, служивших промывным режимом пойменных почв в соленаккумуляции возрастает роль сульфата натрия и хлористого магния при резком снижении концентрации сульфата кальция, что, в свою очередь, приводит к преимущественному произрастанию в сообществе луговой растительности гало-, глеко- и ксерофитов и резкому снижению биопродуктивности. Между тем известно, что в зависимости от продолжительности затопления, солесодержание выдерживало схему по анионному составу гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридности, тогда как его катионное содержание (кальций, натрий и магний) были подвержены сезонному колебанию. Как ранее акцентировали внимание на наступление анабиоза переувлажнением, то в противовес этому в данном случае наступают анабиозы вызванные высушиванием и высокой концентрацией солей. Иначе говоря, в этом вопросе речная экосистема чутко реагирует и видоизменяется в зависимости от продолжительности затопления, которые связаны с обеспеченностью стока весеннего половодья и паводков.

Подводя черту под вышесказанное, отметим, для отдельных фитоценозов, преобладающих и характерных при различных гидрологических режимах (длительное, среднее, краткое затопление или его отсутствие), в многолетнем разрезе наблюдений отсутствует биологическая устойчивость. В зависимости от гидрологического режима фитоценозы пойменных лугов подвержены смене формации, чему доказательством служит наблюдаемая доминирование в общей биопродуктивности гидро- и гигрофитов при длительном затоплении, гало- и ксерофитов при кратком или же в отсутствии затопления. Как показывает динамика изменения гидрологического режима, в природе не существуют закономерности по сохранению принципа цикличности:

многоводье → средние по водности годы → маловодье или же наоборот из-за стохастичности природы стокообразования. По этой причине применение к речной экосистеме понятия сукцессии, то есть последовательной смены биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории под влиянием природных или антропогенных факторов по вышеприведенной схеме не всегда оправданы. В отношении речной экосистемы применение понятия толерантности, то есть способности биоценозов выносить отклонения факторов среды от оптимальных, более обоснованно. Гомеостаз, то есть состояние внутреннего динамического равновесия, характерен, и как идеал, достигается, тогда, когда относительное благополучие речной экосистемы через призму биопродуктивности и соленакопления, с некоторыми признаками устойчивости из года в год, наблюдаются в годы со средней продолжительностью затопления ($P = 51 - 60 \%$) за счет доминирования в растительном сообществе разнотравья. Этот же процесс смены растительности, согласно Л. Н. Алексеевскому [1] и С. М. Разумовскому [10] называется экогенетической сукцессией, когда местообитание отдельного растительного сообщества становится со временем более пригодным не для данной, а для другой ассоциации сообществ, которая и заменит ее путем вытеснения, то есть вводится в понятийный аппарат сукцессии отличие от классического понятия.

Представляется необходимым, дополнительно к выводам вышеуказанных ученых, добавить, что этот вопрос должен быть рассмотрен в комплексе и во взаимосвязи с целостной речной экосистемой, а не рассматриваться как сугубо абстрактный процесс смены формации по отношению к самому себе. В этой связи смену формации растительного сообщества более целесообразно представить как отклик речной экосистемы на возмущающие внешние факторы, то есть меняющийся из года в год гидрологический режим водотока. При такой постановке задачи появляются более объективные комплексные показатели смены растительного сообщества в прямой зависимости от гидрологического режима (гидрохимический, почвенный, температурный и т.д. режимы), основывающиеся на экологической валентности речной экосистемы, то есть степени приспособляемости биоценозов к изменениям окружающей среды. В таком случае стохастическая природа стокообразования в купе с речной экосисте-

мой, дают более научно обоснованные представления о таких понятиях, как вторичное состояние покоя, состояние анабиоза и адаптационный синдром, с точки зрения физиологии растительного сообщества. Поэтому толкование Н. Ф. Реймерса [11] об устойчивости экосистемы, выражающейся в способности экосистемы к реакциям, пропорциональным по размеру силе воздействия, считаем необходимым дополнить, применительно к речной экосистеме, как внутреннюю ее самоорганизацию по преодолению адаптационного синдрома, в виде видоизменяющегося отклика на воздействие внешних факторов, то есть гидрологического и гидрохимического режимов водотока. Еще раз подчеркнем, что в речной экосистеме, в отличие от материковой части геосистемы, большая роль принадлежит толерантности, нежели сукцессии.

При неперменном сохранении последовательности затопления пойменных лугов: длительное → среднее → краткое → отсутствие почвообразовательный процесс также претерпевает изменение. В годы длительного затопления пойменных лугов, как правило, доминируют аллювиальные формы почвообразования, возникающие в речных долинах в результате сноса и транспортировки речным стоком в повышенных дозах рыхлых продуктов выветривания и разрушения горных пород, а также деформации речных русел. Длительное затопление пойменных лугов зачастую приводит к эрозии заиления, происходящей под воздействием гидрологического режима и разрушающей почвенные агрегаты, что, в конечном счете, сказывается на плодородии почв и биопродуктивности травостоя. В аналогичных условиях в поймах развиваются торфянисто-болотные, болотно-луговые почвы. В этом смысле самым неблагоприятным опять-таки является среднее по продолжительности затопление, когда в послепопоемное время развиваются луговые почвы при большом усилении роли мелких фракций в субстрате. Эти луговые почвы, благодаря более продуктивным фитоценозам, обладают повышенным содержанием общего азота, гумуса и подвижного фосфора, что непременно сказывается как на плодородии почв, так и в биопродуктивности травостоя пойменных лугов.

Отсутствие затопления прежде всего отражается в трансформации дернового слоя и появлении новых морфологических признаков. Например, по данным У. Ж. Аханова [2], корнеобитаемый слой

мощностью 0,50 м можно разделить на два самостоятельных горизонта, отличных друг от друга, с одновременным исчезновением из них ржавых пятен, характерных для лугово-болотных почв. При этом комковатая структура, наблюдаемая при наличии затопления, меняется на пылевато-непрочнокомковатую и пороховатую, характерную для пустынных почв, что, в свою очередь, ведет к эндогенному процессу.

Привлеченная гомеостатическая кривая Б. В. Фащевского по воспроизводству фитофильных рыбных запасов также показывает, что оптимальные значения ската молоди наблюдаются именно при среднеголетних показателях затопляемости пойменных лугов. При длительном затоплении, с учетом повышенного содержания взвешенных наносов в стоке весеннего половодья и паводков, уменьшение скатываемости молоди объясняется заилением арсала нерестилищ в виде наилок и их гибелью. При отсутствии затопления многие виды половозрелых фитофильных рыб не участвуют в воспроизводстве, что обусловлено, прежде всего, отсутствием традиционных мест нереста.

Таким образом, полученные результаты исследований показывают, что у речной экосистемы по динамике биопродуктивности травостоя, соленакопления, почвообразовательному процессу и по воспроизводству фитофильных рыбных запасов, наблюдаемых в условиях условно-естественного гидрологического режима, нет достаточной самоорганизации внутренних возможностей по сохранению их на уровне оптимальных показателей в противовес изменяющемуся из года в год гидрологическому режиму.

Иначе говоря, у речной экосистемы нет возможности устойчивого сопротивления, как отклик, наступающему адаптационному синдрому, а есть только толерантность экосистемы. В итоге мы получаем закономерный вопрос, что понимать в таком случае под устойчивостью речной экосистемы.

В данном случае под устойчивостью речной экосистемы необходимо понимать, сам процесс толерантности, ибо в широком толковании толерантность означает и устойчивость, и выносливость, и переносимость речной экосистемы, с учетом ее специфики процесса выживания с включением в этот ряд процессов сопротивления, мобилизации всех компенсаторных механизмов системы (поведенческих, физиологических, биохимических и т.д.), против

действия внешних возмущающих факторов. Однозначно, что эта устойчивость не есть устойчивость из теории механики, где под устойчивостью понимается автоматическое восстановление равновесного состояния системы после воздействия внешнего возмущающего фактора.

Здесь более приемлема к речной экосистеме биологическая устойчивость, несмотря на незначительность признаков устойчивости речной экосистемы по самосохранению на уровне оптимальных показателей по биопродуктивности травостоя, соленакоплению и воспроизводству рыбных запасов в зависимости от гидрологического режима.

В этой связи, в плане восстановления деградированных речных экосистем республики, на первое место выходит разработка методов по обоснованию остаточного-экологических стоков рек ниже крупных гидротехнических сооружений, в основу которых должны быть заложены показатели и критерии устойчивости для различных обеспеченностей года, определяемые для каждого речного бассейна в отдельности, исходя из их толерантности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенко Л.Н. Продуктивность луговых растений в зависимости от условий среды. - Л.: Изд-во: ЛГУ, 1967. - 168 с.
2. Аханов У. Ж. Почвообразование в дельтовых равнинах Южного Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1987. - 240 с.
3. Голдовский А. М. Анабиоз. - Л.: Наука, 1981. - 136 с.
4. Бурлибаев М. Ж. Биопродуктивность травостоя пойменных лугов р. Шу как индикатор динамичного развития речной экосистемы // Гидрометеорология и экология. - 1998. - № 1-2. - С. 79 - 93.
5. Бурлибаев М. Ж., Зубаиров О. З. Экологическая оценка стока как критерий продуктивности пойменных лугов р. Шу // Водные ресурсы: опыт использования и проблемы /Сб. научных трудов ЖГМСИ. - Тараз: ЖГМСИ, 1997. - Вып. 2. - С. 31-35.
6. Бурлибаев М. Ж. К вопросу определения устойчивости речных экосистем // Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. - Алматы: Гылым, 1998. - С. 212 - 216.

7. Бурлибаев М. Ж. Об одной попытке испытания устойчивости речной экосистемы на примере р. Шу // Гидрометеорология и экология. - 1998. - № 1-2. - С. 94 - 106.
8. Демина О. М., Арыстангалиев С. А. Луговая растительность Казахстана - Алма-Ата: Наука, 1986. - 272 с.
9. Работнов Т. А. Луговедение. - М.: Изд-во: МГУ, 1984. - 320 с.
10. Разумовский С. М. Закономерности динамики биоценозов. - М.: Наука, 1981. - 232 с.
11. Реймерс Н. Ф. Природопользование. - М.: Мысль, 1990. - 637 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ӨЗЕН ЭКОСИСТЕМАСЫНЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТҮРАҚТЫЛЫҒЫН ОНЫҢ ҚАЛЫПТЫ ДАМУ КҮШІ ЗАҢДЫЛЫҒЫ ТҮРАСЫНАН БАҒАЛАУ ТУРАЛЫ

Геогр. г. канд. М. Ж. Бұрлібаев

Мақалада көп жылдық өзен экосистемасының тұрақтылығы өзен комплексінің жеке алынған биологиялық компоненттерінің негізінде және мысалында талқыланады. Бұл бағалаудың нәтижелері өзен экосистемасының қолайлы дамуы үшін өте қажет экологиялық ағындардың мөлшерін дәлелдеу процессінде қолдану керектігі көрсетілген.

УДК 504.4.062.2(574)

**К КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

Канд. геогр. наук М.Ж. Бурлибаев
Канд. техн. наук Л.М. Павличенко
О.Г. Шестернева

Рассматриваются концептуальные пути ввода комплексной оценки качества поверхностных вод, как интегрального показателя, в единую систему мониторинга экосистемы, без учета которых решение стратегических задач по охране и восстановлению природных водных экосистем теряют всякий смысл.

В Законе Республики Казахстан "Об охране окружающей среды", принятом в августе 1997 года, несколько статей посвящены мониторингу окружающей среды, включая водные объекты страны. Такой интерес к проблеме мониторинга водных объектов не случаен, так как в последнее время проблемы чистой воды и охраны водных экосистем становятся все более острыми и глобальными. В республике наблюдаются повсеместные трудности в обеспечении отраслей экономики водными ресурсами из-за количественного и качественного их истощения, в первую очередь связанного с зарегулированностью естественного хода речного стока, безвозвратным забором больших объемов воды и загрязнением поверхностных и подземных водных объектов страны. Практическая гидрохимия большое внимание уделяет разработке научных и методологических основ комплексного мониторинга загрязнения водных объектов. Но, к сожалению, многие разработанные методологические и методические подходы к комплексной оценке качества поверхностных вод не нашли практического использования по различным причинам, среди которых не последнюю роль сыграла наукоемкость и сложность их применения для

практических целей. В настоящее время используются Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям [16]. Однако отсутствие комплексности при оценке качества поверхностных вод, а также ряд допущенных логических ошибок в самой методике привели к выводу о недостаточности ведения такого мониторинга для получения адекватной оценки состояния загрязненности природных вод. По этой причине стала необходимой разработка новых научно-методологических основ интегральной комплексной оценки качества природных вод, направленных, во-первых, на анализ загрязнения водных объектов по всем контролируемым ингредиентам, а во-вторых, на учет ответной реакции компонентов, составляющих водную экосистему, на воздействие загрязнения. Для выполнения второй части такой постановки задачи необходима сеть режимных гидробиологических наблюдений, охватывающих водные объекты хотя бы на уровне гидрохимических наблюдений, но при нынешнем экономическом состоянии страны и финансовых трудностях пока эта цель недостижима. Тем не менее, даже при сложившихся обстоятельствах можно проводить комплексные оценки качества вод, основываясь на режимных гидрохимических данных, для получения оперативной информации по загрязненности с целью оповещения водопотребителей (водопользователей) и принятия мер по предотвращению последствий аварийных сбросов сточных вод. Следует отметить, что в настоящей работе под комплексной оценкой качества поверхностных вод подразумеваются исследования и оценка загрязненности водного потенциала, ибо перед нами не стояла и не стоит задача определения ни питьевого, ни ирригационного и так далее качества поверхностных вод суши. В связи с отсутствием методических рекомендаций по количественным оценкам совместного влияния загрязняющих веществ (синергизм, антагонизм) на гидробионтные и бентосные сообщества при комплексной оценке общего загрязнения водных объектов как наиболее приемлемый в настоящее время был принят вариант определения кратности превышения содержания ингредиента над собственной предельно допустимой концентрацией, используемый в гидрохимии. Этот показатель в последнее время приобрел широкое распространение и стал более известным как индекс загрязненности вод (*ИЗВ*). Системность оценки каче-

ства природных вод (*КПВ*) обеспечивается переводом внимания исследователей с изучения свойств водного объекта на выявление систематизирующих отношений между приоритетными показателями и условиями формирования качества воды.

В работе [4] понятие "состояние водных экосистем" или "экологическое состояние реки" подразумевало соотношение параметров взаимосвязанных элементов-факторов водной экосистемы (живых организмов, воды, растворенных и твердых веществ, донных осадков, растворенных газов и т.д.), характеризующих эту систему на однородном участке водного объекта в определенный промежуток времени. При этом конкретные входные функции (солнечная радиация, потоки загрязняющих веществ, взвешенных наносов и др.) трансформируются в выходные функции (изменение массы гидробионтов, сток химических и загрязняющих веществ и пр.) и вызывают соответствующую реакцию гидробионтов. При современном уровне исследований (мониторинга), когда может быть получена полная информация о гидрологических, гидрохимических, санитарно-гидробиологических, токсикологических, радиоэкологических, физико-химических и других показателях воды, оценка качества воды должна приближаться к оценке экологического состояния водного объекта в целом. Следует также отметить, что современные комплексные оценки качества природных вод, осуществляемые отдельно гидробиологическими и гидрохимическими методами зачастую не находят точек соприкосновения, будучи подчиненными решению разноплановых задач. Такая обособленность, в свою очередь, приводит к невозможности интегральной оценки водных объектов как с позиции экологических требований в целом, так и с учетом частных водопользователей и водопотребителей. Поэтому становится понятным стремление многих исследователей как-то унифицировать современные методы и методологические подходы по комплексной оценке качества природных вод, чтобы они отвечали требованиям различных отраслей экономики.

Самые жесткие требования к качеству поверхностных вод предъявляются для рыбохозяйственных нужд по токсикологическим критериям, исходя из условий совместимости гидробионтов, бентосных сообществ и загрязняющих веществ водных объектов. Именно гидробиологами и ихтиологами впервые было введено в практику по-

нятие водной токсикологии, впоследствии ставшее самостоятельным направлением научных изысканий и изучающее влияние токсических веществ на ихтиофауну. При этом общий потенциал загрязняющих веществ водных объектов разделяется по происхождению на органические и неорганические, с дальнейшей их классификацией на резорбтивные яды и яды локального воздействия. В качестве определяющих факторов при оценке динамики степени токсичности различных загрязняющих ингредиентов рыбохозяйственниками предъявляются жесткие требования к таким показателям поверхностных вод, как температура, газовый состав, жесткость, рН, скорость течения воды и инсоляция. Таким образом, рыбохозяйственное лимитирование охватывает весь список ингредиентов, по которым в настоящее время ведется полный гидрохимический анализ водотоков и водоемов, независимо от их органического или неорганического происхождения.

Отличаясь между собой по специфике требований, водопотребители в целом охватывают, весь перечень анализов по гидрохимическим показателям. Требования потребителей к оперативной информации по оценке качества поверхностных вод для получения максимально возможных объемов сведений предъявляются по следующей схеме загрязненности по группам: общей минерализации; ионов тяжелых металлов; загрязнителей органического происхождения; биогенных элементов; хлорорганических пестицидов; ядовитых веществ; газового режима [8].

Наиболее приоритетным из существующих методов контроля качества поверхностных вод является контроль по гидробиологическим показателям, дающими возможность прямой оценки состояния водных объектов по экологическим соображениям. При этом главной целью гидробиологического контроля *КПВ* является установление наличия или отсутствия темпов процесса самоочищения водотоков и водоемов, способных поддерживать гидробиологические сообщества в состоянии равновесного развития, без изменения целостности экосистемы. Основные концептуальные подходы разработки методов гидробиологического контроля при этом основываются на принципах: учета баланса вещества и энергии в водных объектах; а также целостности структуры экосистемы и ее поддерживающих компонентов. Таким образом, организация и контроль *КПВ* по гидробиологическим показателям должен производиться, исходя из особенностей качественной

модели самой экосистемы с учетом специфики функционирования основных трофических звеньев и составляющих его доминант.

В общих представлениях, гидробиологические методы контроля *КПВ* сводятся к установлению связи между состоянием гидробиоценозов и качеством воды, к количественной оценке биопродуктивности популяции организмов в экосистеме за различные периоды как с нарушенным, так и естественным гидрологическими режимами. Результаты контроля попадания загрязняющих веществ в биосферу и частота превышения ими ориентировочно допустимого уровня (*ОДУ*) или предельно допустимых концентраций свидетельствуют, что практически во всех водных объектах обнаружены заметные нарушения как в жизнедеятельности, так и самих организмах гидробионтных и бентосных сообществ. Необходимо иметь в виду, что эффект накопления загрязняющих веществ в водных экосистемах намного опаснее, чем в наземных экосистемах, так как в относительно анаэробных условиях скорость реагирования жизненной фаши на загрязняющие вещества намного выше. Поэтому реакции, протекающие на организменном, популяционном и биоценотическом уровнях, могут быть положены в основу гидробиологического мониторинга как одного из основных объективных методов контроля качества поверхностных вод.

Однако, несмотря на привлекательность такого подхода, эти гидробиологические методы контроля качества вод не получили широкого распространения в основном из-за сложности строения и взаимодействия субъектов (биоты) и объектов (абиоты). Например, показатели, отражающие состояние жизнедеятельности планктона и бентоса, подвержены значительным колебаниям как естественного, так и антропогенного характера, что, в свою очередь, затрудняет однозначное выявление последствий загрязнения. С другой стороны, трудность заключается в том, что состав загрязняющих веществ, приобретая свойства эмерджентности или констелляций в водной среде, также вызывает различные последствия загрязнения своим разнообразным воздействием на биоту. Тем не менее, каждый токсикант обладает определенным механизмом воздействия на клетки, ткани, органы и организмы в целом и обуславливает специфический механизм реагирования - ответные реакции на изменения, вызванные загрязнителем. При этом гидробионтные и бентосные сообщества, их популя-

ции обнаруживают разную чувствительность и устойчивость к различным токсикантам. Очевидно, что, несмотря на некоторую устойчивость гидробионтов и гидробиоценозов, токсическое воздействие загрязняющих веществ вызывает угнетение физиологических процессов, замедляет рост организмов, повышает число летальных исходов и т.д.

При одновременном действии всего перечня анализируемых элементов по гидрохимическим показателям на гидробионты влияние каждого из них может быть независимым или совокупным. В первом случае, то есть при независимом влиянии, общий потенциал воздействия приобретает эффект аддитивности конечных результатов. Во втором случае наблюдается эффект синергизма, когда суммарный эффект воздействия оказывается выше сумм отдельных воздействий. Также нередки случаи, когда фиксируется эффект антагонизма, то есть результат совместного действия ниже аддитивного. Для гидробиологического контроля качества поверхностных вод немаловажным компонентом является обнаружение кумулятивного эффекта - сверхвысокое содержание токсикантов в организме, характеризуемых более высокой скоростью поступления, чем скорость выведения токсикантов из организма.

Из вышеизложенного следует, что, наравне с выявлением количественных характеристик динамики гидробионтных и бентосных сообществ в зависимости от различных химических загрязняющих ингредиентов и их токсичности, при гидробиологическом контроле качества поверхностных вод немаловажным, а в иных случаях определяющим фактором служат такие показатели, как чувствительность и устойчивость к токсикантам, эмерджентность (синергизм, антагонизм) и кумулятивный эффект загрязняющих веществ. В настоящее время многообразие биологических процессов и ответных реакций организмов на внешние возмущающие воздействия породило множество методик биологических оценок качества поверхностных вод. В бывшем СССР (в том числе и в Казахстане) и за рубежом применяются и используются различные системы оценок и бонитировок, основанные на определении таких показателей, как бактериологические показатели, индексы температурности и др. Среди методов, характеризующих продукционные характеристики сообществ, выделение индикатор-

ных организмов, использование комплексных структур и функциональных оценок состояния биоты [3, 7, 9, 19, 20].

Применение гидробиологических методов оценки качества вод привлекает тем, что здесь адекватно затрагивается вопрос водной токсикологии с определением тех границ, при которых внешние факторы среды обитания переходят физиологические пределы и становятся вредными для организма гидробионтных и бентосных сообществ. При таком подходе к этому вопросу, то есть освещении водной токсикологии, неизбежной становится задача дополнительного обоснования предельно допустимых концентраций тех или иных ингредиентов, исходя из позиции безвредных концентраций. Решение такой задачи основывается на конструкции цели: диагностика интоксикации гидробионтных и бентосных сообществ; распознавание токсичности водной среды; выяснение механизма действия всего перечня токсических (загрязняющих) веществ; выяснение метаболизма токсиканта в организме гидробионтных сообществ. Чему служат подтверждением существующие классификации загрязняющих веществ Р. Н. Вигельта, Х. Р. Элліса, В. В. Хлопина, В. А. Дурилина, Е. В. Веселова и др.

К сожалению, в настоящее время в Казахстане рамки гидробиологических методов определения качества поверхностных вод ограничены только выявлением количественных характеристик фито- и зоопланктона, бентоса.

Как ранее нами подчеркнуто, методы комплексной оценки должны основываться на синтезе гидрохимических и гидробиологических подходов, так как только в этом случае достигается действительная интегральная оценка, удовлетворяющая требованиям различных водопотребителей и водопользователей, а также проводится целостная оценка состояния отдельных водных экосистем [8].

Согласно "Методическим рекомендациям", в официально выпускаемых с 1988 г. "Ежегодниках качества поверхностных и морских вод и эффективности проведенных водоохраных мероприятий по территории Республики Казахстан" [12], предназначенных для органов управления и организации, связанных по роду своей деятельности с использованием природных вод и охраной природы, при анализе загрязненности и выявлении тенденции ее изменения, как основной показатель используется индекс загрязненности вод (ИЗВ). При

этом количество анализируемых загрязняющих ингредиентов строго ограничивается, то есть для поверхностных вод шестью и для морских вод четырьмя ингредиентами. В расчет, как обязательное условие, данные по пестицидам не принимаются. В состав этих лимитируемых ингредиентов включены как обязательные показатели растворенного кислорода и биохимическое потребление кислорода (*БПК_d*). Этими "Методическими рекомендациями" формула для расчета *ИЗВ* речных вод предлагается следующая:

$$ИЗВ_p = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (1)$$

а для морских вод:

$$ИЗВ_p = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (2)$$

где C_i - концентрация i -того вещества; $ПДК_i$ - предельно-допустимая концентрация i -того вещества; 6 и 4 - строго лимитируемое, не включающее пестициды, количество показателей (ингредиентов), берущихся для расчета, имеющих наибольшие значения, независимо от того, превышают они $ПДК$ или нет, включая показатели растворенного кислорода и $БПК_d$ (стиль и орфография авторов [12, 16]). Хотя следует отметить, что эти же расчетные формулы, приводимые в Ежегодниках, по 1993 год, имели постоянный вид (здесь исключена очевидная, но повторяемая из года в год опечатка - $ПДК$ должна находиться под знаком суммы и иметь индексе принадлежности):

$$ИЗВ_p = k \cdot \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{n \cdot ПДК_i}, \quad (3)$$

Здесь k - коэффициент водности, определяемый из соотношения.

$$k = Q_1 / Q_2 \quad (4)$$

где Q_1 - расход воды за год, Q_2 - расход воды среднееголетний.

"Методическими рекомендациями", вычисление *ИЗВ* с учетом водности года регламентируется производить только в тех случаях, когда наблюдается резкое отличие в водности из года в год. Однако краткий обзор приводимых "Ежегодников" по 1993 год включительно, однозначно регламентирует определение *ИЗВ* с учетом водности года. При постановке задачи согласно формуле (3) в многоводные годы ($k > 1$) получим завышенные значения *ИЗВ*, а в маловодные ($k < 1$) - заниженные, т.е. в маловодные годы нам рекомендуют употреблять воду более низкого качества при одних и тех же концентрациях загрязнителей. Таким образом, определение *ИЗВ* с учетом водности года приводит к фальсификации оценки. Индекс загрязнения должен вычисляться без учета водности года, поскольку при определении концентрации ингредиентов водность года учитывается автоматически, на что указывали О. А. Алекин [1, 2] и А. М. Никаноров [17].

В "Методических рекомендациях" по целесообразности лимитирования анализируемых ингредиентов никакого обоснования не содержится, кроме двух пояснений при расшифровке применяемых формул [12, 16]. Известно, что при современном развитии промышленности, сельского хозяйства и других отраслей экономики используется множество различных веществ, так или иначе связанных с родом их деятельности, многие из которых попадают в водные объекты. Например, яды промышленных сточных вод, попадая в водотоки и водоемы, губительно действуют на воспроизводство рыбных запасов, уничтожают нерестилища и нагульные угодья, ограничивают миграционные способности, снижают резистентность организма, вызывают болезни и т.д. Водотоки и водоемы, будучи в активной зоне гидравлической связи между поверхностными и подземными водами, имея в водном потенциале загрязняющие (зачастую опасные) вещества, играют огромную роль и в антропогенном загрязнении подземных вод, что, в свою очередь, небезопасно для населения, использующего эти воды для питья. При этом загрязняющие вещества изменяют физические, физико-химические и химические свойства воды вплоть до нарушения биологического равновесия и процессов самоочищения в водных объектах. Кроме того, "Методические Рекомендации" не учитывают разделение загрязняющих веществ по их влиянию на гидробионтные и бентосные сообщества. Изучение загрязняющих веществ, по сути включающий весь перечень анализируемых ингредиентов как

органического, так и неорганического происхождения, позволило подразделить их по токсичности влияния на следующие группы ядов: локального действия; нервно-паралитического действия; гемолитические; протоплазматические; энзиматические; наркотического и комбинированного действия [15].

Необходимо отметить, что отдельные требования к биогенным элементам, независимо от естественного или антропогенного происхождения, основываются на их активном участии в жизнедеятельности водных организмов и все возрастающие антропогенные нагрузки со стороны этих элементов зачастую приводит водные объекты к эвтрофированию. Также отдельно предъявляется требование к газовому режиму (по растворенному кислороду), как к общему показателю благополучия водного объекта.

Наконец, все загрязнители, по которым проводятся гидрохимические анализы, необходимо разделить на несколько групп по токсичности влияния в зависимости от их концентрации:

- чрезвычайно высокотоксичные и опасные вещества, вызывающие гибель гидробионтов в концентрациях до 1 мг/л (ДДТ, ГХЦГ, элементарный фосфор, фтор, цианиды и т.д.);

- сильнотоксичные и весьма опасные вещества, вызывающие гибель гидробионтов в концентрациях 1÷10 мг/л;

- умеренно токсичные вещества, вызывающие гибель гидробионтов в концентрациях 10÷100 мг/л;

- слаботоксичные вещества, вызывающие гибель гидробионтов в концентрациях выше 100 мг /л;

- очень слаботоксичные вещества, вызывающие гибель гидробионтов в концентрациях свыше 1000 мг/л.

Таким образом, весь перечень гидрохимических показателей, по которым выпускаются ежегодники качества поверхностных вод, по требованиям рыбохозяйственного лимитирования, а также по генетическому происхождению, применению, химическому строению и токсичности влияния на гидробионтное и бентосное сообщества можно разделить на условные группы с целью дальнейшей формулировки требований к отдельным группам элементов, объединенным по

критерию токсичности.

Как ранее отмечалось, в критикуемых "Методических рекомендациях" [12, 16], выбранные 6 и 4 элемента (в том числе обяза-

тельные растворенный кислород и *БПК₅*) соответственно для поверхностных и морских вод, ориентируются всего лишь на максимальные концентрации (независимо от наличия или отсутствия превышения *ПДК*) и абсолютно не учитывают ни класс опасности самих ингредиентов, ни токсичность их влияния и т.д. - осуществляется набор случайных загрязнителей. В этой связи определенный интерес представляет перечень анализируемых ингредиентов, по которым из года в год ведутся определения *ИЗВ* для отдельных речных бассейнов (табл.1). Как показывает анализ данных таблицы 1, при определении *ИЗВ* постоянными показателями в расчетном ряду являются растворенный кислород, *БПК₅* и фенолы. По другим показателям такого постоянства не отслеживается. Например, для р. Сырдарья азот аммонийный, начиная с 1988 года по 1996 год, в перечень ингредиентов для определения *ИЗВ* попадает 7 раз, за исключением 1991 и 1992 годов. Азот нитритный за те же периоды присутствует в пяти расчетах, тогда как в 1988, 1991, 1992 и 1994 годах этот ингредиент не был включен в список, по которому определяли *ИЗВ*. Далее, азот нитратный присутствует в трех и отсутствует в семи расчетах по определению *ИЗВ*. Такие ингредиенты, как фенол и нефтепродукты, постоянно включаются для ведения расчетов *ИЗВ* (за исключением 1995 года для нефтепродуктов). За этот же период из представителей тяжелых металлов, медь трижды (1991, 1992 и 1995 годы), включалась для расчетов *ИЗВ*. Общий анализ ингредиентов показывает, что в перечень загрязняющих веществ для определения *ИЗВ* ни разу не были включены представители хлорорганических пестицидов и ядовитых веществ, хотя, как показывают данные "Ежегодников качества поверхностных вод", они не только присутствуют, но зачастую превышают свои *ПДК*.

С учетом частой повторяемости органических веществ, включение в обязательный перечень ингредиентов *БПК₅* по крайней мере, вызывает недоумение, ибо *БПК₅* тоже есть интегральный показатель загрязненности водного объекта легко окисляемыми органическими веществами через биохимическое потребление кислорода. Анализ загрязнения р. Сырдарья показывает, что водный потенциал максимально загрязняется именно за счет хлорорганических пестицидов. Тем не менее рассматриваемые "Методические рекомендации" изначально были ориентированы не на учет пестицидов, несмотря на их класс опасности и большую токсичность для водных организмов.

Аналитический обзор перечня ингредиентов, по которым определяются индексы загрязнения вод для р. Сырдарья по [12]

Год	Ингредиенты для вычисления <i>ИЗВ</i>							
	O ₂	БПК	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Фенол	Н.п.	Сu
1988	+	+	+	-	+	+	+	-
1989	+	+	+	+	-	+	+	-
1990	+	+	+	+	-	+	+	-
1991	+	+	-	-	+	+	+	+
1992	+	+	-	-	+	+	+	+
1993	+	+	+	+	-	+	+	-
1994	+	+	+	-	-	+	+	+
1995	+	+	+	+	-	+	-	+
1996	+	+	+	+	-	+	+	-

Примечание: Н. п. - нефтепродукты.

Результаты применения "Методических рекомендаций" также показывают, что при определении *ИЗВ* такой же подход был избран и в отношении представителей ядовитых веществ и за редким исключением тяжелых металлов, когда из всего перечня этой группы предпочтение отдавалось меди и цинку. Следует также подчеркнуть, что кислородный режим водных объектов очень динамичен во времени и пространстве. В зависимости от совокупности ряда факторов (в основном гидро- и термодинамических) может иметь место как недонасыщение, так и перенасыщение воды кислородом. Поэтому в случае классификации водного объекта по загрязненности невозможно однозначно утверждать о недонасыщенности или перенасыщенности кислородом в прямой зависимости от фотосинтеза или окислительно-восстановительных процессов органических веществ, потому как кислород в поверхностные и грунтовые воды попадает в основном из воздуха, чему во многом способствует скорость течения, турбулентность и ветровое волнение, характерные для поверхностных вод. С повышением температуры вода теряет кислород и наоборот. Поэтому так называемые *ИЗВ* по кислороду, предлагаемые методикой, не

должны анализироваться вкупе с общим *ИЗВ*, так как они являются разноплановыми показателями. В таком случае, целесообразно вести речь об отдельном анализе водного объекта по кислородному режиму на предмет благополучия или ущемленности.

Тема классификации загрязненности поверхностных и морских вод по полученным значениям индекса загрязненности заслуживает отдельного рассмотрения, ибо формальное соблюдение требований к *ИЗВ* не спасло от очевидных погрешностей в построении самой конструкции квалификационных оценок. Так, авторами существующих "Методических рекомендаций" предложены 7 классов качества воды, а именно: 1 класс - очень чистая; 2 класс - чистая; 3 класс - умеренно загрязненная; 4 класс - загрязненная; 5 класс - грязная; 6 класс - очень грязная; 7 класс - чрезвычайно грязная. То есть использована классификация профессора С. М. Драчева, предложенная еще в 1964 году [11] на заре становления научных исследований водных объектов с учетом антропогенных нагрузок. Классификация С. М. Драчева применима только для водоемов, кроме того, она производится только по бактериологическим показателям санитарного состояния именно водоемов, где основным критерием существования того или иного класса загрязненности служит четкое число колонии кишечной палочки в единице объема поверхностных вод. При градации различных классов загрязненности С. М. Драчев опирается на фундаментальные выводы таких наук, как санитарная гигиена и эпидемиология. В 1987 году Минздравом СССР была утверждена гигиеническая классификация водных объектов по степени загрязнения, в основу которой кроме бактериологических требований С. М. Драчева включены органолептические, токсикологические и санитарные требования. Гигиеническая классификация разработана для водных объектов двух категории водопользования. К первой категории относятся водные объекты, использующиеся в качестве источника для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности; ко второй - водные объекты, использующиеся для культурно-бытовых, рекреационных и спортивных целей. Для каждой категории использования водных объектов разработаны различные оценочные показатели, исходя из ранее перечисленных четырех видов требований к качеству природных вод. В этой классификации водные

объекты по степени загрязненности подразделяется на четыре класса: допустимая, умеренная, высокая и чрезвычайно высокая степень загрязнения. Допустимая степень загрязнения фиксирует пригодность водного объекта для всех видов водопользования без каких-либо ограничений. Умеренная - свидетельствует об опасности для населения, использующего водные объекты данной категории для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых целей. Высокая показывает, что использование водных объектов для хозяйственно-питьевых целей запрещается полностью, как непригодных. Также вводятся ограничения для их использования в культурно-бытовых целях. Чрезвычайно высокой степенью загрязнения - когда водные объекты признаются абсолютно непригодными для всех видов водопотребления и водопользования из-за опасности для здоровья населения.

Сравним степени загрязненности по рекомендациям Госкомгидромета СССР и Минздрава СССР на примере р. Сырдарья. По данным [12] качество воды р. Сырдарья практически постоянно определяется III классом загрязненности, лишь иногда (в квартальном разрезе), переходит в IV класс. Рекомендация Госкомгидромета СССР (1988) не позволяет определить категорию ограничения в водопотреблении речного стока данного объекта. Согласно рекомендациям Минздрава СССР, сток р. Сырдарья относится к категории высокой степени загрязненности, т. е. полностью запрещается использование ее водного потенциала в хозяйственно-питьевых целях, использование же для культурно-бытовых нужд резко ограничивается хотя бы по такому показателю, как загрязненность по сульфатам, не говоря уже о хлорорганических пестицидах и ионах тяжелых металлов. По содержанию хлорорганических пестицидов вода р. Сырдарья, также непригодна для использования в рыбохозяйственных целях, как водный объект с высокой степенью загрязнения.

Таким образом, вынуждены дополнительно констатировать о том, что формальное соблюдение требований системности к индексам загрязненности вод не спасло разработчиков [16] от очевидных погрешностей построения самой конструкции оценки качества поверхностных вод, поскольку в данном случае не только не соблюдается иерархия основных и вспомогательных целей, но и произошла замена и подмена самого понятия качества поверхностных вод, что, в свою очередь, привело к подгонке полученных *ИЗВ* под имеющееся

качество вод, на полном игнорировании органолептических, токсикологических, санитарно-гигиенических, биологических и рыбохозяйственных требований. Несостоятельность таких оценок подтверждается данными, приведенными в информационно-экологическом бюллетене Республики Казахстан за второй квартал 1998 года по вспышке болезней в Кызылординской области. В условиях дефицита чистых подземных вод, жители отдельных населенных пунктов, вынуждены были использовать для хозяйственно-питьевых целей воду из р. Сырдарья, что привело к вспышке инфекционных и почечно-легочных заболеваний [13]. Например, число заболевших острыми кишечными болезнями превысило на 1337 человек показатели за предыдущие годы, брюшным тифом переболело 3439 человек.

Проблема изучения загрязненности природных вод, в том числе их комплексная оценка, включает в себя целый ряд самостоятельных и в то же время тесно взаимосвязанных между собой задач. Например, разработка методик комплексного анализа должна удовлетворять задачам определения как больших, так и малых концентраций загрязняющих ингредиентов, изучению процессов смешения и разбавляемости сточных вод природными от одного створа к другому, выявления самоочищающей способности водного объекта, изучению химических, физико-химических, физико-географических, макро- и микро гидробиологических, гидрохимических закономерностей трансформации загрязняющих веществ в естественных водоемах и водотоках, нормированию качества как природных, так и загрязненных вод и т.д.

Накопление и развитие знаний о токсичности, а также о влиянии различных загрязняющих веществ на гидробионтные и бентосные сообщества поверхностных вод, заболеваемости населения, непрерывное расширение количества обнаруживаемых загрязняющих веществ придает особую актуальность разработке правовых и нормативных документов, отражающих требования к качеству поверхностных вод, правилам и методам контроля, обеспечивающим единство измерений на всех водных объектах республики. За рубежом установление таких требований методам комплексной оценки качества осуществляется на международных и национальных уровнях. Так, при разработке национальных стандартов практически все страны Европы за основу приняли Директиву 80.778 (ЕС). Ряд стран, такие, как Япо-

ния, ЮАР и другие, в качестве базовых документов для разработки национальных стандартов используют нормативы Агентства по охране окружающей среды США (нормативы EPA).

Для выполнения этой комплексной оценки одним из необходимых условий является наличие научно обоснованных систематических наблюдений как по всем обязательным показателям, так и по степени загрязненности водных объектов. Комплексная оценка качества поверхностных вод в настоящее время затруднена, т.к. базируется на сопоставлении и сравнении средних концентраций отдельных ингредиентов, которые вытекают из совокупности эпизодических и случайных наблюдений. До сих пор нет обязательных срочных наблюдений за гидрохимическим режимом, как у других гидрометеорологических величин, ни по времени, ни по количеству проб, ни по ингредиентам. В силу чего современный смысл получаемой гидрохимической информации о содержании химических элементов в водной толще, донных отложениях и гидробионтах остается нераскрытым полностью с точки зрения токсичности влияния на живые организмы, а также из-за слабой координации и синтезированной гидрохимических, гидробиологических, водно- и ихтиотоксикологических исследований. Поэтому будет целесообразным чтобы всякая комплексная оценка базировалась на отслеживании откликов отдельных видов водных организмов, сообществ и экосистем в целом на воздействие как отдельных ингредиентов, так и совокупности, и накоплении регулярных сведений, характеризующих основные параметры изменчивости экосистемы. Без такого регулярного контроля, целостной комплексной оценки и прогнозирования последствий загрязненности водных объектов на ранних этапах перестройки гидробиоценозов под антропогенной нагрузкой, экологические катастрофы неминуемы и могут возникать внезапно, что, в свою очередь, может привести к самым серьезным последствиям.

Предлагаемые нами методы оценки качества поверхностных вод будут полностью основываться на анализе существующих гидрохимических показателей, кстати, в настоящее время стандарт устанавливает методы испытаний поверхностных вод по 75 основным контролируемым показателям качества воды. Необходимо привлекать в расчетные ряды максимум возможных показателей, где за критерий оценки степени загрязненности поверхностных вод будут принимать-

ся предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ, на основании санитарных правил и норм (САНПИН), часть "Охрана поверхностных вод от загрязнения" за № 4630-88, утвержденных 04.06.1988 г. Минздравом СССР и действующих на территории Республики Казахстан, согласно приказу начальника Департамента санитарно-эпидемиологической службы Минздрава РК № 408 от 18.08.1997 г., а также дополнительного перечня № 3 ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов (№ 12-04-11 от 27.12.1991 г.).

Необходимо подчеркнуть, что даже строгое соблюдение ПДК не дает полной гарантии сохранения качества поверхностных вод на безвредном и безопасном уровне водопотребления и водопользования. Например, известно, что некоторые тяжелые металлы (не говоря о ядовитых и хлорорганических веществах) при концентрациях менее ПДК подавляют самоочищающие и другие внутриводоемные процессы. Фосфаты, а также другие представители биогенных элементов могут вызвать эвтрофирование при концентрациях в несколько раз меньших, чем ПДК и требования ГОСТов на питьевую воду. Это, в свою очередь, приводит ко вторичному загрязнению водных объектов и ухудшению качества воды по мутности, цветности, БПК и др. По мнению академика В. И. Лукьяненко, необходимо определение ПДК на основании физиологических и биохимических экспериментов; а ныне существующие ПДК, определяемые для всей экосистемы в целом, исходя из санитарной гигиены и других критериев, выражение бессмысленное, - идентичное "нормальной патологии" [14]. Поэтому, чтобы четко отслеживать и уяснить степень происходящих и предстоящих экологических изменений в водных объектах, как суммарный результат общего загрязнения, необходимо иметь комплексную оценку и систему сравнения, построенную по единому принципу использования гидрохимических показателей, достаточно репрезентативно характеризующих существенные особенности самого процесса загрязнения и водных экосистем в целом. Такая системная характеристика, включающая количественные градации показателей, представляет собой классификацию загрязненности, которая, при условии ее универсальности и стандартности, позволит объективно оценивать, контролировать и прогнозировать экологическое состояние и биопродуктивность водных объектов. В конечном счете такой подход должен отразиться в научно-обоснованных рекомендациях по опера-

тивному вмешательству с целью прекращения загрязнения, охране водных ресурсов и т.д. Это означает, что показатели состава загрязняющих веществ и свойств воды, характеризующие в совокупности природные и антропогенные качества, рассматриваются как индикаторы структурно-функционального состояния используемых водных ресурсов. Например, такие гидрохимические показатели, как степень минерализации и ионный состав поверхностных вод, являются определяющими не только для хозяйственно-бытовых, технических и ирригационных целей, но и для всего видового состава гидробионтных и бентосных сообществ всех уровней и звеньев. Поэтому эти водопотребители и водопользователи нуждаются как в определении общей загрязненности, так и в отдельном индексе загрязненности водных объектов по группе главных ионов. Сами водные объекты, исходя из эвтрофирования и вторичного загрязнения, предъявляют особые требования к содержанию в воде загрязняющих веществ, биогенного и органического происхождения. Очевидны требования гидробионтных и бентосных сообществ к этим веществам, не только как к элементам, необходимым для нормального функционирования, но и как к загрязняющим веществам, максимально потребляющим растворенный кислород для окислительно-восстановительных процессов. Также известны жесткие требования гидробионтных и бентосных сообществ, исходя из понятий чувствительности и устойчивости к токсическому воздействию загрязняющих веществ, происходящих из группы семейственности, таких, как тяжелые металлы и хлорорганические пестициды. Кроме органических веществ локального воздействия, являющихся представителями группы хлорорганических веществ, известны требования к ядовитым веществам нервно-паралитического и прямого воздействия: фтор, нитробензол, цианиды, мышьяк, сероводород и т.д. Выше нами оговаривалось, что практически все химические вещества водного объекта в той или иной мере в прямой зависимости от концентрации являются или приобретают качества токсичных ингредиентов как органического, так и неорганического происхождения. По степени токсичности влияния на различные части организма все эти загрязняющие вещества подразделяются на ядовитые вещества локального, нервно-паралитического, гемолитического, протоплазматического, энзиматического и наркотического действия. Причем у всех этих токсичных ингредиентов различны не только сте-

пень и вид влияния, но и критические концентрации, при которых начинаются проявления признаков токсичности.

При общей оценке качества поверхностных вод необходимо иметь в виду, что выше перечисленные ингредиенты также играют существенную роль в изменении физико-химического свойства поверхностных вод ввиду различного своего химического происхождения. Таким образом, наравне с загрязнением водного потенциала, необходимо также получение показателей загрязненности по отдельным группам элементов, предварительно объединенных между собой по идентичности, по таким показателям как генетическое происхождение, химическое строение, применение, одинаковость влияния, токсичность и др. Исходя из этого положения, весь перечень ингредиентов, по которым ведутся гидрохимические анализы, разделены нами на следующие условные группы:

- главные ионы (Ca, Mg, $\Sigma(\text{Na}+\text{K})$, SO_4 , Cl и др.);
- биогенные элементы (NH_4 , NO_2 , NO_3 , $\text{P}_{\text{орг}}$, фосфаты, Si и др.);
- тяжелые металлы (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr^3 Cr^6 , Mn, Hg, Hg^2 , Ni, Co, Sn, Bi, Mo, Fe^2 , Fe^3 и др.);
- ядовитые вещества (CN, SCN, F, H_2S , AS, нитробензол и др.);
- органические вещества (нефтепродукты, смолы, углеводы, жиры, фенолы, СПАВ и др.);
- хлорорганические пестициды (ДДТ, ДДД, ДДЭ, ГХЦГ, севин ялан, дикофол, гексахлорбензол и др.).

Такое объединение загрязняющих веществ на условные группы не противоречит учениям О. А. Алекина, А. М. Никанорова, Е. И. Посохова и др., аналогично подходящих к изучению химического состава природных вод. Для придания определяемым ИЗВ признаков комплексности оценки в рамках гидрохимических показателей воспользуемся критерием, введенным в гидрохимическую практику В. А. Емельяновой,

$$N = (n' / n) 100 \% \geq 10 \%, \quad (5)$$

где N - условный показатель комплексности загрязненности; n' - число ингредиентов и показателей качества, привлекаемых для определения ИЗВ; n - общее число нормируемых ингредиентов и показателей качества в данном створе (гидрохимическом районе) водного объекта.

Таким образом, оценка качества поверхностных вод действительно становится комплексной в случае, если условный показатель превышает 10 %. При этом следует оговориться, что общий *ИЗВ* для отдельных условных групп, может быть определен с помощью всех ингредиентов, входящих в эту группу, независимо от превышения или не превышения своих *ПДК*. При таком определении *ИЗВ* необходимо в специальной графе итоговой таблицы указать на те ингредиенты, за счет которых собственно, происходит загрязнение поверхностных вод. Также имеет смысл определение группового *ИЗВ*, исходя из фактически загрязняющих ингредиентов, превышающих в данном случае собственные *ПДК*. Как видно, при такой постановке вопроса, получаемые *ИЗВ* приводят к двоякому результату, т.е. если в первом случае *ИЗВ* является средневзвешенным и нивелированным показателем загрязненности, то во втором случае является действительным показателем загрязненности, исходящим из фактического загрязнения. Например, определение *ИЗВ* для каждой группы производится

$$ИЗВ_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} \frac{C_i}{ПДК_i} \quad (6)$$

где *ИЗВ_j* - индекс загрязненности вод *j*-ой группы; *C_i* - *i*-ая концентрация ингредиента из *j*-ой группы, мг/л; *ПДК_i* - *i*-ая предельно-допустимая концентрация, соответствующая *C_i*, мг/л; *n_j* - количество ингредиентов из *j*-ой группы, участвующих в определении *ИЗВ*.

При этом водные объекты подлежат такому же классифицированию по показателям растворенного кислорода и *БПК₅*, согласно СанПин 4630-88 в отдельности. Результаты сопоставительного анализа *ИЗВ*, полученных по предлагаемой и существующей методикам демонстрируют постоянное занижение последними в результате необоснованного учета коэффициента водности года и показателя растворенного кислорода, из соотношения *ПДК_i / C_i* (см. табл. 2). Немаловажную роль сыграл и тот факт, что существующие "Методические рекомендации" прямым образом исключают из расчетного ряда *ИЗВ* хлороорганические пестициды. Размах колебания загрязнения пестицидами для р. Сырдарья составляет от отсутствия до 212 кратного превышения *ПДК*, зафиксированного в период половодья 1991 года, тогда как общие колебания за анализируемый период составляют от отсутствия

до 46 кратного превышения ПДК. Постоянством превышения хлорорганическими пестицидами над ПДК отличаются как межень, так и периоды весеннего половодья и паводков (см. табл. 2). Следует отметить, что в "Ежегодниках качества поверхностных и морских вод и эффективности проведенных природоохранных мероприятий по территории Республики Казахстан" за 1995 и 1996 годы появился отдельный раздел индексов загрязненности вод речных бассейнов Казахстана, вычисленных по эпизодическим, срочным данным высокого и экстремально высокого загрязнения, которые не дают полной годовой картины [12].

Таблица 2

Классификация воды р. Сырдарья по степени загрязнения

Показатели	Периоды	1989	1990	1991	1992	1993
Главные ионы	половодье	0,841	1,709	0,745	3,876	3,148
	межень	0,944	2,184	3,069	4,658	4,405
	год	0,893	1,947	1,907	4,267	4,405
Тяжелые металлы	половодье	0,680	1,409	0,873	1,138	0,689
	межень	0,491	0,774	0,485	0,285	0,488
	год	0,586	1,092	0,679	0,712	0,589
Органические вещества	половодье	0,320	4,067	0,700	0,967	0,817
	межень	1,961	2,326	1,171	0,870	1,074
	год	1,141	3,197	0,936	0,919	0,946
Хлорорганические пестициды	половодье	16,333	5,167	212,1	20,095	4,333
	межень	46,509	24,747	7,593	19,611	0,018
	год	24,741	14,954	109,8	20,095	2,176
Ядовитые вещества	половодье	0,484	1,164	0,178	-	0,609
	межень	0,323	0,825	0,261	-	0,594
	год	0,404	0,995	0,200	-	0,602
Биогенные вещества	половодье	0,531	0,340	0,191	0,382	0,177
	межень	0,860	0,297	0,230	0,193	0,195
	год	0,696	0,319	0,211	0,288	0,186
<i>ИЗВ_г</i>		5,857	3,751	5,256	5,256	1,379
<i>ИЗВ_г</i> по [12]		1,1	1 - 2,5	1 - 2,5	1 - 2,5	1 - 2,5

Возможен еще один вариант определения и классификации загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям - с учетом класса опасности ингредиентов. На современном этапе есть множество методов комплексной оценки качества поверхностных вод по токсичности загрязняющих ингредиентов на гидробионтные и бентосные сообщества, основывающиеся на классе опасности.

Например, известны работы В. В. Метелева и др. [15], Л. П. Брагинского и др. [5, 6], В. И. Лукьяненко [14], где определение качества поверхностных вод, с точки зрения токсичности загрязняющих веществ, построено на суммарной эквивалентной массе загрязняющих ингредиентов с учетом их индивидуальной опасности, суммарной опасности группы объединенных элементов по классам вредности, коэффициента опасности отдельного загрязняющего вещества в данной группе вредности, эквивалентной массы загрязняющего вещества, суммарной эквивалентной массы загрязняющих веществ. Многие из этих исследовательских работ по сути своей являются попытками выразить токсичность загрязняющих веществ с помощью приведения их вредности через первый и второй классы опасности, поскольку многочисленные медико-биологические, санитарно-эпидемиологические и токсикологические исследования показывают, что преобладающее влияние на здоровье населения оказывают именно загрязняющие ингредиенты с первым и вторым классом опасности. Известно также, что "Руководство по контролю загрязнения атмосферы" [18], при определении индекса загрязненности атмосферного воздуха (*ИЗА*), рекомендует приведение количественной характеристики отдельной примеси к вредности диоксида серы с первым классом опасности. Поэтому, исходя из международных стандартов обеспечения здоровья и необходимости при расчете *ИЗВ* принципа приоритета здоровья населения, считаем весьма важным определение загрязненности поверхностных вод с учетом класса опасности загрязняющих ингредиентов. При этом *ИЗВ* рассчитывается как отношение фактической концентрации вещества к произведению коэффициента класса опасности на *ПДК*. Такое выражение, то есть введение в расчетную формулу коэффициента класса опасности в санитарной токсикологии принято называть коэффициентом изоэффективности. Таким образом, индекс загрязненности вод (*ИЗВ_{вод}*) с учетом класса опасности ориентирован на показатели, характеризующие раз-

личную степень опасности химических соединений для человека по их токсичности, кумулятивности, способности вызывать отдаленные побочные эффекты во взаимосвязи с лимитирующими показателями вредности. Следует также подчеркнуть, что определяемые $ИЗВ$ с учетом класса опасности могут служить индикативной величиной при определении соединений, подлежащих первоочередному контролю в поверхностных водах; установлению последовательности первоочередных водоохранных мер; обосновании адресных рекомендаций конкретному загрязнителю поверхностных вод, по замене высокоопасных ингредиентов на менее опасные в технологических процессах. Для более четкого определения токсикологической роли загрязняющих веществ при оценке уровня их влияния на водный потенциал, в рекомендуемом варианте расчета $ИЗВ_w$ весь перечень анализируемых ингредиентов группируются на следующие условные классы по признакам опасности:

- первый класс опасности (Hg, γ -ГХЦГ, элементарный фосфор и т.д.);
- второй класс опасности (Na, Ca, ДДЦ, ДДТ, ДДЭ, дикафол, NO_2 , Si, Pb, Se, Mo, Co, Cd, Ag, CN, SCN, Al, As, F, B и др.);
- третий класс опасности (Mg, Cl, нитробензол, гексахлорбензол, NH_4 , NO_3 , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu, Zn, Ni, Cr^{3+} , Cr^{6+} , V, Ti, и др.);
- четвертый класс опасности (SO_4 , ксантогенаты, фурфурол, ГХЦГ, севин, ялан, фенол, нефтепродукты и др.).

Необходимо заметить, что в ранее упомянутых санитарных правилах и нормах элементы 1-го класса опасности названы - как чрезвычайно опасные; элементы 2-го класса опасности - как высокоопасные; элементы 3-го класса опасности - как опасные; элементы 4-го класса опасности - как умеренно опасные.

Формула для расчета $ИЗВ_w$ из каждой группы запишется теперь в виде:

$$ИЗВ_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} \frac{C_i}{K_{onПДК_i}} \quad (7)$$

где $ИЗВ_w$ - индекс загрязненности вод с учетом класса опасности; K_w - класс опасности i -го загрязняющего ингредиента, остальные обозначения прежние. Индексы загрязненности вод определяются за год,

по месяцам, в периоды весеннего половодья и летне - осенне - зимней межени. В соответствии с требованием к нормативно - чистым водам, показатели *ИЗВ* должны быть меньше - 2. Воды умеренного уровня загрязнения имеют *ИЗВ* от 2 до 6, высокого уровня загрязнения фиксируются при *ИЗВ* от 6 до 10, чрезвычайно высокого уровня загрязнения - при *ИЗВ* больше 10. Полученные результаты загрязнения стока р. Сырдарья, с учетом класса опасности загрязняющих ингредиентов, приведены в таблице 3. Подводя черту вышесказанному, считаем целесообразным, что в современных условиях комплексная оценка загрязненности вод водотоков и водоемов должна производиться на основе вовлечения в расчетные ряды *ИЗВ* полного перечня гидрохимических показателей.

Таблица 3

Динамика внутригодового состояния загрязненности вод р. Сырдарья в створе Аманотколь с учетом класса опасности

Условные группы	Индексы загрязненности вод по месяцам с учетом класса опасности загрязняющих веществ					
	месяцы					
	1	3	5	7	9	11
	2	4	6	8	10	12
1 класс опасности	138,300	74,667	61,330	14,000	1,500	0,000
2 класс опасности	0,381	0,398	0,333	0,358	0,432	0,416
3 класс опасности	0,311	0,455	0,418	0,328	0,429	0,347
4 класс опасности	0,334	0,279	0,301	0,183	0,194	0,163
	0,216	0,395	0,205	0,096	0,104	0,095
	0,990	1,263	1,071	1,134	0,870	0,751
	1,460	0,886	1,243	1,703	1,199	0,662

При этом конструкция построения методических рекомендаций включает следующие основные направления обработки аналитического материала: выделение приоритетных групп загрязняющих ингредиентов по числу и составу, на основе условной группировки всего перечня анализируемых компонентов; проведение дифферен-

цированной оценки характера загрязненности вод по величине индекса загрязненности вод; проведение дифференцированной оценки загрязняющих веществ по классу опасности; отдельной классификации загрязненности по величине растворенного кислорода и биохимической потребности кислорода.

Поскольку для современной комплексной оценки качества поверхностных вод необходима не только гидрохимическая информация, но и оперативные данные по использованию водных и земельных ресурсов, а также полноценная гидробиологическая информация, необходимы дальнейшие исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алевкин О. А. Общая гидрохимия. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1948. - 186 с.
2. Алевкин О. А. Основы гидрохимии. - Л.: Гидрометеониздат, 1970. - 444 с.
3. Алимов А.Ф., Бульон В. В., Гутельмахер Б. Л. Применение биологических и экологических показателей для определения степени загрязнения природных вод // Водные ресурсы. - 1979. - № 5. - С. 137-150.
4. Богачев В. П., Павличенко Л. М., Попов Ю. М. Комплексная оценка качества природных вод: подходы и методы // Вестник КазГУ. Серия географическая. - 1995. - Вып. 2. - С. 151 - 162.
5. Брагинский Л. П. Некоторые принципы классификации пресноводных экосистем по уровням токсической загрязненности // Гидробиол. журнал. - 1985. -Т. 21, № 6. - С. 65 - 74.
6. Брагинский Л. П., Величко И. М., Щербань Э. П. Пресноводный планктон в токсической среде. - Киев: Наукова думка, 1987. - 180 с.
7. Браун В. М. Рыбы как индикаторы качества воды // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. - Л.: Гидрометеониздат, 1977. - С. 194 - 208.
8. Бурлибаев М. Ж., Истомина О. С., Попов Ю. М. К вопросу об определении индекса загрязнения вод // Гидрометеорология и экология. - 1997. - № 4. - С. 126 - 132.

9. Вудивис Ф. Э. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологические обследования // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - С. 132 - 161.
10. Долгоносов Б. М., Кочарян А. Г. Системный подход к назначению предельно-допустимых сбросов (ПДС) // Вода: экология и технология. Материалы III Международного конгресса. - М.: СИБИКО Интернэшнл, 1998. - С. 394 - 396.
11. Драчев С. М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками. - М.: Наука, 1964. - 274 с.
12. Ежегодники качества поверхностных и морских вод и эффективности проведенных водоохранных мероприятий по территории Республики Казахстан (за 1988...1996 гг.). - Алматы: Казгидромет, 1997. - 208 с.
13. Информационный экологический бюллетень Республики Казахстан (II квартал 1998 г.). - Алматы: Конжык, 1998. - 130 с.
14. Лукьяненко В. И. Общая ихтиотоксикология. - М.: Легпищепром, 1983. - 320 с.
15. Метелев В. В., Канаев А. И., Дзасохова Н. Г. Водная токсикология. - М.: Колос, 1971. - 248 с.
16. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям / Госкомгидромет СССР, Управление наблюдений и контроля загрязнения природной средой. - М., 1988. - 12 с.
17. Никаноров А. М. Гидрохимия. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 351 с.
18. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. - М.: Финансы и статистика, 1991. - 696 с.
19. Селезнев В. А. Изучение взаимодействия абиотических и биотических компонент экосистем средней и нижней Волги (антропогенное воздействие на качество вод водохранилищ Волги) // Вода: экология и технология. Материалы III Международного конгресса. - М.: СИБИКО Интернэшнл, 1998. - С. 124 - 127.
20. Такташов В. А., Борисов Н. П. Стандартизация в области

контроля качества воды // Вода: экология и технология. Материалы III Международного конгресса. - М.: СИБИКО Интернэшнл, 1998. - С. 320 - 322.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Казахский национальный государственный
университет им. аль-Фараби

БЕТКІ СУЛАРДЫҢ САПАСЫН КОМПЛЕКСТІК БАҒАЛАУ ТҮСІНІСІНЕ

Геогр. ғ. канд.	М. Ж. Бүрлібаев
Техн. ғ. канд.	Л. М. Павличенко
	О. Г. Шестернева

Бұл мақалада беткі сулардың сапасын комплекстік бағалау жүйесін, интегралдық көрсеткіш ретінде экосистемалардың бірлестік мониторинг жүйесіне енгізу жөнінде негізгі пікірлер мен жолдары көтерілген, өйткені табиғи су экосистемаларын қорғау және қалпына келтіру деген стратегиялық міндеттер осы тұрғыдан шешілмейтін болса, олардың шын мағынасы жойылады.

УДК 551.578.48

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЛАВИННОГО РИСКА

Доктор геогр. наук В. П. Благовещенский
 А. Л. Кокарев
 А. В. Степанов

Изложена методика количественной оценки и анализа лавинного риска, составления карт лавинного риска и диаграмм "риск – стоимость защитных мероприятий".

Риск – это возможность нежелательных последствий какого-либо события [5]. Он измеряется вероятной величиной ущерба, поэтому часто термины "риск" и "ущерб" употребляются как синонимы. Основными видами риска являются природный, техногенный и социальный. Из них самым сильным является социальный риск. На его долю приходится 80 % преждевременной смертности в мире [5]. От аварий, связанных с производством, ежегодно погибает 2,1 млн человек. Материальный ущерб от них составляет 1,5 % мирового валового продукта. Природный риск стоит на последнем месте. Средние годовые потери от стихийных бедствий в 80-е годы составляли около 100 тыс. чел. и 1 % мирового валового продукта. Ущерб от природных катастроф растет ежегодно на 7,5-10 %, а количество жертв – на 6-12 % [8], быстрее, чем численность населения и продукты труда.

Источниками природного риска являются процессы и явления, которые отклоняют состояние природной среды от оптимального или привычного для жизни и деятельности человека диапазона. Их принято делить на опасные и неблагоприятные. Опасные процессы и явления являются причиной непредвиденных потерь, чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий. Для них характерны кратковременность действия и редкая повторяемость. Неблагоприятные природные процессы и явления создают неудобства и вызывают рост затрат, которые можно предвидеть заранее. Это деление является относи-

тельным. Одно и то же явление в одних случаях является опасным, в других – неблагоприятным, а в третьих – даже полезным. Так, сильный снегопад в горах приводит к сходу снежных лавин, которые могут быть причиной катастроф. На дорогах он образует снежные заносы, вызывающие дополнительные расходы на расчистку. А на полях этот же снегопад создает дополнительные запасы влаги и повышает урожайность.

Обычно бедствия создаются явлениями, повторяющимися реже, чем один раз в 10 лет. Часто повторяющееся явление вынуждает людей приспособляться к нему, и оно воспринимается уже как просто неблагоприятное, создающее постоянное неудобство. Явление с теми же параметрами, в других условиях может стать стихийным бедствием. Ежегодные морозы в минус 40 °С в Якутии являются неудобством, а очень редкие понижения температуры до минус 5 °С в Индии – уже катастрофа.

Опасные природные процессы могут воздействовать на объекты разрушительным, парализующим или истощающим образом [5]. Это деление также условно. Например, наводнение разрушает дома в населенных пунктах, парализует движение на дорогах и истощает урожай на полях. Последствия воздействий опасного процесса на объект зависят от устойчивости объекта и интенсивности процесса. Для каждой пары объект – процесс существует критическая (пороговая) интенсивность процесса, после которой он становится разрушительным.

По своему происхождению опасные и неблагоприятные природные процессы и явления делятся на метеорологические, гидрологические, геологические, геоморфологические, биологические. К метеорологическим относятся ураганы, ливни, снегопады, метели, перепады температуры и давления воздуха и др. Гидрологические опасные явления включают в себя наводнения, подтопления берегов, ледовые явления и т.п. Геологические опасные процессы происходят в земной коре. Это землетрясения и извержения вулканов. Геоморфологические опасные явления обычно бывают связаны с быстрым движением горных пород по склонам или руслам. Это оползни, обвалы, камнепады, сели, лавины и др. Медленные движения – солифлюкция, карст, ледники, каменные глетчеры – относятся к неблагоприятным процессам. К биологическим опасным природным процес-

сам и явлениям причисляются эпидемии, ядовитые растения и животные, лесные пожары и т.д. Наиболее крупные стихийные бедствия обычно вызываются комплексом опасных явлений, порождающих друг друга. Так, сильное землетрясение в горах сопровождается оползнями и обвалами, которые производят большее число разрушений, чем само землетрясение. В результате массовых разрушений населенных пунктов в очагах землетрясений вспыхивают эпидемии.

Горные районы являются территориями с повышенным природным риском. Здесь происходит непропорционально большое, как по территории, так и по количеству населения, число природных катастроф [10]. С 1953 по 1988 г. в горных районах Земли случилось 374 стихийных бедствия [9]. Из них связанных с землетрясениями было 154, с извержениями вулканов - 19, с оползнями - 70, с лавинами - 18, с паводками и селями - 118. В это число включены стихийные бедствия, при которых погибло более 10 человек, а ущерб составил более \$1 млн. Бедствия в горах продолжают расти, как по количеству, так и по размеру ущерба [11].

Наибольший ущерб в горах обусловлен опасными геоморфологическими процессами, что объясняется значительной энергией расчленения горного рельефа, определяемой крутизной склонов и их превышением. Существенная часть природного риска приходится на снежные лавины. По своей распространенности и повторяемости лавины превосходят все остальные опасные процессы в горах. В наиболее лавиноопасных районах лавины сходят ежегодно, поражая до 80 % территории. Общая площадь лавиноопасных территорий на Земле составляет 9253 тыс. км² или 6,2 % площади суши [3]. В Казахстане лавиноопасные территории занимают 134 тыс. км² [6]. Очень лавиноопасным районом является Заилийский Алатау, где в окрестностях Алматы за последние 25 лет от лавин погибло 50 человек.

Анализ риска должен содержать ответы на три вопроса: что может случиться, с какой вероятностью, с какими последствиями? Для ответа на эти вопросы необходимо знать три характеристики опасного процесса: распространенность, повторяемость и масштабность. Применительно к анализу лавинного риска характеристикой распространенности является коэффициент лавинной опасности [6], представляющий собой отношение площади лавиноопасных участков к общей площади. Повторяемость - это средний интервал времени

между последующими лавинами. Масштабность процесса характеризует его разрушительную силу, которая для лавин определяется их объемом. Следовательно, коэффициент лавинной опасности, повторяемость и объемы лавин являются характеристиками, которые необходимо определять при оценке лавинной опасности и показывать на картах. Методика определения этих характеристик по данным о рельефе и снежном покрове изложена в работах [2, 6].

Лавинный риск r может быть определен как возможное число людей, погибших в лавине, или как стоимость разрушенных лавинами хозяйственных объектов на данной территории за один год. При определении риска необходимо различать индивидуальный и коллективный риск. Индивидуальный риск r_i определяет вероятность гибели отдельного человека, находящегося в течение зимы на лавиноопасной территории. Коллективный риск r_k показывает, сколько человек ежегодно могут погибнуть на этой территории. Эти виды риска связаны между собой простым соотношением: $r_k = Nr_i$, где N – число людей, находящихся на лавиноопасной территории в лавиноопасный период.

Для материального риска r_m можно ввести понятие об удельном риске r_{sp} , определив его как вероятность разрушения одного объекта определенной категории. Тогда материальный риск будет равен $r_m = Sr_{sp}$, где S – суммарная стоимость объектов.

Величина лавинного риска определяется произведением вероятности взаимодействия лавины с объектом p_0 (попадание человека в лавину, удар лавины в сооружение) на вероятность нанесения ущерба в результате этого воздействия p_1 (гибель человека, разрушение сооружения). Вероятность p_0 для одного человека или единичного объекта рассчитывается по формуле

$$p_0 = Kp_1 I/T,$$

где K – коэффициент лавинной опасности, p_1 – вероятность лавинообразования, T – интервал между лавиноопасными зимами, год.

Вероятность лавинообразования p_1 в данном случае представляет собой долю площади потенциально лавиноактивного склона, принявшей участие в лавинообразовании. Она зависит от крутизны

склона α и высоты снежного покрова h . Для этой зависимости по фактическим данным о сходе лавин получена эмпирическая формула

$$p_s = 0,64 / (1 + e^{13,57\alpha}) (1 + e^{4,33 \cdot h}),$$

где h – высота снега, м.

Вероятность ущерба от лавин быстро возрастает с увеличением их объема. Так, согласно статистике несчастных случаев в Швейцарии [9], в лавинах объемом 100 м^3 погибает 20 % от числа попавших в лавину, а в лавинах объемом 1000 м^3 – уже 80 %. Для вероятности гибели человека в лавине p_m и для вероятности разрушения лавинами легких зданий p_{rn} получены эмпирические зависимости их от объема лавины

$$p_m = 0,95 / (1 + e^{13,6 \cdot 50V}),$$
$$p_{rn} = 0,95 / (1 + e^{20,2 \cdot 50V}),$$

где V – объем лавины, м^3 .

Располагая данными о коэффициентах лавинной опасности, повторяемости лавин и их объемах можно рассчитать индивидуальный или удельный лавинный риск, а имея сведения о посещаемости территории людьми и наличии хозяйственных объектов, – коллективный риск гибели людей и материальный риск.

Например, в Заилийском Алатау в наиболее лавиноопасной высотной зоне от 2400 до 3000 м над уровнем моря коэффициент лавинной опасности K равен 0,7. Вероятность лавинообразования на преобладающих здесь травянистых склонах крутизной 35° при высоте снега 1,5 составляет 0,6. Лавины в этой зоне сходят ежегодно, то есть $T=1$. Объемы лавин превышают 1000 м^3 ($p_m > 0,8$). В этом случае индивидуальный лавинный риск составит 0,34. Это означает, что из 100 человек, постоянно находящихся зимой в этой зоне, от лавин может погибнуть 34 человека, если не предпринимать никаких мер предосторожности.

В зоне от 1600 до 2000 м, где склоны покрыты еловым лесом, лавины могут образовываться только на небольших по площади полянах, средний объем лавин равен 100 м^3 , а коэффициент лавинной опасности не превышает 0,1. И хотя лавины здесь сходят ежегодно, индивидуальный лавинный риск уменьшается до 0,01.

Ниже 1500 м высота снега в обычные годы не превышает 50 см. В этой зоне лавинообразование наблюдается не чаще, чем один раз в 10 лет. Коэффициент лавинной опасности составляет 0,25. Объемы лавин около 100 м³. Индивидуальный лавинный риск равен 0,005.

Используя эту методику, можно рассчитать лавинный риск для любого участка лавиноопасной территории и построить карту лавинного риска. Такая карта М 1:200000 была составлена для Заилийского Алатау и Кунгей-Алатау. Предварительно в том же масштабе была составлена карта лавинной опасности, на которой были показаны коэффициент лавинной опасности, объемы лавин и их повторяемость. Для всех возможных сочетаний этих характеристик была рассчитана величина индивидуального лавинного риска. Легенда карты лавинной опасности с результатами расчетов лавинного риска приведена в таблице 1. На рис. 1 дан фрагмент карты индивидуального лавинного риска. Такие карты могут использоваться в проектах районных планировок при выборе территорий, перспективных для освоения.

Таблица 1

Индивидуальный лавинный риск (%) на территориях с различными характеристиками лавинной опасности

Объем лавин, тыс.м ³	Коэффициент лавинной опасности									
	территории с ежегодным сходом лавин					территории со сходом лавин реже одного раза в 10 лет				
	<0,1	0,1-0,25	0,25-0,50	0,50-0,75	>0,75	<0,1	0,1-0,25	0,25-0,50	0,50-0,75	>0,75
<0,1	0,02	0,1	0,1	0,3	0,5	0,001	0,005	0,01	0,02	0,02
0,1-1	0,04	2	4	6	8	0,02	0,1	0,2	0,3	0,3
>1	2	4	10	15	20	0,05	0,2	0,5	0,8	0,8

На среднемасштабных картах, подобных приведенной на рис. 1, лавинный риск показывается осредненным по территории. Внутри этой территории он может меняться от нуля, вне границ распространения лавин, до единицы, в лавинных лотках, где ежегодно сходят лавины. При разработке мероприятий по защите от лавин требуется оценивать лавинный риск на конкретных участках. Для этого

необходимо знать повторяемость и объемы лавин, поражающих эти участки.

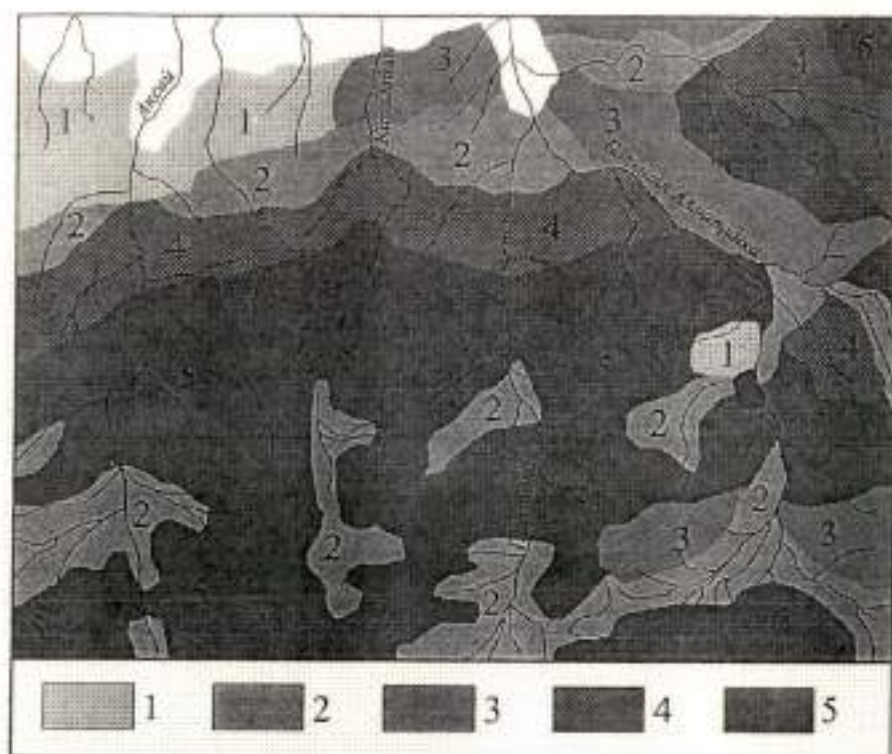


Рис. 1. Фрагмент карты лавинного риска М 1:20000.

Индивидуальный лавинный риск %: 1 - $<0,01$; 2 - $0,01-0,1$; 3 - $0,1-1$; 4 - $1-10$; 5 - >10

Например, автодорога от Медео до Чимбулака пересекает четыре лавиноопасных участка. Первый находится перед плотиной Медео. Здесь на дорогу один раз в 10 лет падает лавина с восточного склона горы Мохнатка. На втором участке дорога пересекает устье лога Каменного ручья. В верховьях лога лавины бывают ежегодно, но по дороге они доходят не чаще одного раза в 20 лет. Третий лавиноопасный участок находится между Каменным ручьем и метеостанцией Усть-Горельник. Длина участка около 200 м. Здесь на дорогу со склона восточной экспозиции в 4-х местах ежегодно падают небольшие лавины. Общая длина поражаемых лавинами отрезков дороги составляет 40 м. И наконец, четвертый лавиноопасный участок расположен

выше устья лога Сарысай, где дорога проходит под склоном западной экспозиции. На этом склоне в обычные годы бывает мало снега, и лавины с него не сходят. Однако, в экстремально многоснежные годы, примерно 1 раз в 50 лет лавина с этого склона может засыпать дорогу на протяжении 100 м. Показатели лавинной опасности этих участков и рассчитанный лавинный риск приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики лавинной опасности и лавинный риск
на автодороге Медео – Шимбулак

Но- мер уча- стка	Длина лави- но- опас- ных отрез- ков, м	Объем лавины, м ³	Пов- торяе- мость лавины, 1/лет	Вероят- ное число людей в лавино- опасной зоне	Вероят- ность попада- ния лю- дей в лавины	Вероят- ность гибели людей, попав- ших в ла- вину	Лавин- ный риск
1	50	1000	1/10	0,5	0,05	0,8	0,04
2	20	1500	1/10	0,2	0,02	0,8	0,016
3	40	100	1	0,4	0,4	0,2	0,08
4	100	2000	1/50	1	0,02	0,8	0,02
						Всего	0,156

Для этих расчетов лавинного риска необходимо задать плотность потока людей по этой дороге. Исходя из результатов наблюдений за движением людей, можно принять, что средний интервал между пешеходами составляет 100 м. Естественно, что он сильно меняется в зависимости от времени суток, дня недели и даже погоды. При более тщательных исследованиях это можно учесть в виде распределения плотности вероятности. При такой плотности потока в любой момент времени возможное число людей, находящихся в лавиноопасной зоне, $n=L/100$, где L - длина лавиноопасного участка, м.

Вероятность того, что лавина при сходе захватит человека, будет равна произведению вероятности схода лавин на вероятное число людей на ее пути. Для 3-го участка это будет 0,4, а для 4-го - 0,02. Вероятность гибели человека, захваченного лавиной, зависит от ее объема. При объемах 100 м³ на 3-м участке она равна 0,2. При таких усло-

вних риск гибели человека в лавине на этом участке будет равен 0,08. На участке 4 такой риск равен 0,02, а на всем протяжении дороги от Медео до Шимбулака он равен 0,156. Это значит, что за 6 лет на этой дороге может один пешеход может погибнуть в лавине.

При средней плотности потока автомашин 2/км, среднем числе пассажиров в машине 4 и вероятности гибели людей в машине, попавшей в лавину 0,16 [16], лавинный риск для людей, едущих на Шимбулак в машинах, составляет 0,064, или один смертельный случай за 15 лет.

Индивидуальный лавинный риск для пеших туристов, проходящих по этой дороге, составляет 0,008 % на одно путешествие от Медео до Шимбулака и обратно, что составляет примерно 1 смертельный случай на 25 000 посещений в зимний период. Если человек проходит по этой дороге ежедневно туда и обратно, для него лавинный риск будет составлять примерно 0,8 % в год.

Определив уровень лавинного риска, необходимо принять решение, является ли он приемлемым или нет. Если уровень риска достаточно низкий, можно не предпринимать никаких мер безопасности. Если риск превышает допустимый уровень, надо провести мероприятия по его снижению, которые требуют определенных затрат. Приемлемый риск, также как и риск вообще, является понятием относительным и, в конечном итоге, определяется желанием (или возможностью) общества платить за безопасность. В Швейцарии, например, готовы платить от 10 до 40 млн. швейцарских франков в год за предотвращение гибели одного человека [14].

Уровень приемлемого риска зависит от вида риска и способности людей самостоятельно принимать решения. В этом смысле специалисты различают риск добровольный и вынужденный. Психологически человек гораздо легче соглашается на добровольный риск, например, выбирая заведомо опасный маршрут восхождения на вершину, чем на вынужденный риск, например, покупая билет на самолет.

На Земле 1 раз в 10 лет отмечается случай прямого попадания метеорита в человека [12], что составляет примерно 1 на 100 млн чел. в год. Это можно считать крайним случаем явно приемлемого риска, так как человечество не предпринимает никаких мер по защите от метеоритов. В Швейцарии в пределах населенных пунктов допускается

1 случай гибели человека от природных опасностей на 100000 жителей в год. В промышленности уровень допустимого риска гораздо выше – 1 случай на 10000 работающих (0,01 %) в год [16]. Примерно такой же процент несчастных случаев, связанных с автокатастрофами в США [5].

Если уровень риска, по каким-либо причинам, представляется неприемлемым, предпринимаются меры по его снижению. Каждому мероприятию соответствует определенный уровень снижения риска и сумма затрат на это мероприятие. По этим данным можно построить диаграмму "риск-затраты" [13], которая позволяет выбрать наиболее эффективную стратегию управления риском.

Как правило, на начальных этапах управления риском даже небольшие затраты на проведение простейших защитных мероприятий дают значительное снижение начального риска, но обычно до уровня еще превышающего допустимый. Для дальнейшего снижения риска требуются все большие затраты, и при определенных соотношениях прирост затрат на защиту становится больше уменьшения ущерба. По отношению к материальным объектам этот уровень можно считать пределом эффективности защитных мероприятий. По отношению к людям такого предела не существует, так как жизнь человека не имеет цены, хотя в ряде случаев при анализе риска использовался денежный эквивалент человеческой жизни от 75 до 360 тыс. долларов США [4].

В таблице 3 приведены данные о стоимости противолавинных мероприятий, взятые из работ [8, 15, 16]. По этим данным была получена зависимость стоимости защитных мероприятий от уровня до которого необходимо снизить лавинный риск, приведенная на рис. 2.

Эффективность действия противолавинных мероприятий можно оценить с помощью коэффициента $K_e = \log(r_1/r_2)/\Sigma$, где r_1 - лавинный риск до проведения противолавинных мероприятий, r_2 - лавинный риск после проведения противолавинных мероприятий, Σ - стоимость противолавинных мероприятий. Оценка лавинной опасности и картирование лавиноопасных зон позволяет выбрать для строительства безопасные участки, что сразу уменьшает лавинный риск почти в 10 раз, при затратах всего 0,5-1,0 тыс. долл. США. Коэффициент эффективности этих мероприятий составляет

1-2 ($\$ 10^3$)⁻¹. Однако, достигаемый при этом уровень лавинного риска (1-5 %) еще очень высок.

Таблица 3

Стоимость противолавинных мероприятий и достигаемое ими снижение индивидуального лавинного риска

Противолавинное мероприятие	Стоимость, тыс. дол. США	Лавинный риск, %
Оценка лавинной опасности	0,5 – 1 км ⁻²	1 – 5
Прогноз лавин	2 – 5 км ⁻² в год	0,1 – 0,5
Профилактические спуски	1 – 2 км ⁻² в год	0,01 – 0,05
Лесопосадки	1000 км ⁻²	0,005 – 0,01
Лавиноудерживающие заборы	100000 км ⁻²	<0,001
Лавинозащитные галереи	1000 км ⁻¹	<0,001

Прогноз лавин предусматривает создание станций снеголавинного мониторинга, разработку региональных методов прогноза лавин и организацию службы предупреждения о лавинной опасности. Эти мероприятия уменьшают лавинный риск еще в 10 раз и имеют эффективность 0,4-1,0 ($\$ 10^3$)⁻¹. Применение профилактических спусков лавин в комплексе с их прогнозом обеспечивает снижение лавинного риска практически до приемлемого уровня 0,01 %, при эффективности 0,45-0,9 ($\$ 10^3$)⁻¹. Очевидно, поэтому во многих случаях противолавинные мероприятия ограничиваются именно этим комплексом мер.

Для защиты особо важных объектов требуется строительство защитных сооружений, имеющих очень высокую стоимость, и, вследствие этого, низкую эффективность - 0,0025 ($\$ 10^3$)⁻¹. Это означает, что

их можно применять, если стоимость защищаемого объекта превышает 400 тыс. долл. США.



Рис. 2. Зависимость индивидуального лавинного риска r от стоимости противолавинных мероприятий S

Таким образом, анализ риска, его картографирование и составление диаграмм "стоимость-риск" позволяет выбрать оптимальную стратегию защиты от лавин. Очевидно, подобную методику можно использовать и для других видов природного риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Благовещенский В. П., Северский И. В. Оценка затрат на противолавинные мероприятия // Ледники, снежный покров и лавины в горах Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1989. - С. 100 - 109.
2. Благовещенский В. П. Определение лавинных нагрузок. - Алма-Ата: Гылым, 1991. - 116 с.
3. География лавин / Под ред. С. М. Мягкова, Л. А. Канасва. - М.: Изд-во МГУ, 1992. - 332 с.

4. Геологические стихии / Болт Б.А., Хорн У.Л., Макдональд Г. А., Скотт Р.Ф. - М.: Мир, 1978. - 440 с.
5. Мягков С. М. География природного риска. - М.: Изд. МГУ, 1995. - 224 с.
6. Северский И. В., Благовещенский В. П. Оценка лавинной опасности горной территории. - Алма-Ата: Наука, 1983. - 220 с.
7. Ядрошников В. И. Расчетные параметры лавинозащитных сооружений. - Новосибирск, 1997. - 134 с.
8. Alexander D. Natural Disaster. - New York: Chapter and Hall, 1993. - 358 p.
9. Disaster History: Significant Data of Major Disasters Worldwide, 1900 - Present. - Unated States Office of Foreign Disaster Assistance. - Washington, DC, 1988. - 436 p.
10. Hewitt K. Risk and disasters in mountain lands // Mountains in the World. A Global Priority. Edited by Messerli B. & Ives D. - London, 1997. - P. 371- 408.
11. Housner G. W. An international decade for natural disaster reduction. 1990-2000 // Natural Hazards. - 1989. - № 2. - P. 45 - 75.
12. Huggett R. The bumbarded Earth // Geography. - 1990. - Vol. 75, № 327. - P. 10 - 15.
13. Kaplan S., Garvick J. On the quantitative definition of risk // Risk Analysis. - Vol. 1, № 1. - 1981. - P. 11 - 27.
14. Merz H., Bohnenblust H. Cost/effectiveness analysis and evaluation of risk reduction measures // The 2nd World Congress on Safety Science. - Budapest, 1993. - P. 1-23.
15. Schnee und Lavinien in der Schweizer Alpen // Mitt. Eidgenoss. Inst. Schnee-Lavinienforsch. Davos. № 31-51. - 1966 - 1986. - 265 p.
16. Wilhelm, C. Wirtschaftlichkeit im Lawinenschutz - Metodik und Erhebungen zur Beurteilung von Schutzmassnahmen mittels quantitativer Risikoalyse und okonomischer Bewertung // Mitt. Eidgenoss. Inst. Schnee-Lavinienforsch. Davos. - 1997. - № 54. - 309 p.

ҚАТЕРЛІ КӨШКІНДІ КАРТАҒА ТҮСІРУ ЖӘНЕ ОҒАН ТАЛДАУ ЖҮРГІЗУ

Геогр.г.докторы В. П. Благовещенский
А. Л. Кокарев
А. В. Степанов

Сандық бағалардың өдісі және қатерлі көшкінге талдау жүргізу, қатерлі көшкін картасы мен “тәускел түбі – шараның қорғаныш құндылығы” диаграммасын құрастыру туралы айтылған.

УДК 556.332.62

**К КОНЦЕПЦИИ ОПТИМИЗАЦИИ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СЕТИ
ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Канд. геол.-минер. наук

М. М. Бураков

Доктор. геол.-минер. наук

О. В. Подольный

Предлагаются подходы к новой концепции организации наблюдательной сети в системе Государственного мониторинга подземных вод, имеющей целью обоснование минимальной, но достаточной для решения задач мониторинга наблюдательной сети.

Система Государственного мониторинга подземных вод (ГМПВ) в Казахстане создается сравнительно недавно. Содержание, структура и порядок ведения ГМПВ на территории Республики Казахстан определены Положением о государственном мониторинге недр Республики Казахстан, утвержденном Постановлением Правительства Республики Казахстан № 106 от 27 января 1997 г. В соответствии с Положением, ГМПВ представляет собой систему, предназначенную для информационного обеспечения управленческих решений по рациональному использованию и охране подземных вод. Состоит ГМПВ из подсистем наблюдения за параметрами состояния, оценки состояния, прогноза состояния. Подсистемы тесно взаимосвязаны (системно), функционирование и развитие их взаимообусловлено.

Таким образом, основой ГМПВ являются наблюдения, представляющие собой натурное изучение по определенному регламенту динамики параметров подземных вод: водоотбора, уровня, химического состава, температуры подземных вод в пунктах наблюдений, параметров сопряженных сред (поверхностные воды, атмосферные воды, породы зоны аэрации).

Существующая наблюдательная сеть ГМПВ создавалась и развивалась в соответствии с требованиями, разработанными еще в 60-е

70-е годы, для изучения различных гидрогеологических процессов. В 80-е годы эти требования были уточнены и расширены, в соответствии с ними начала создаваться наблюдательная сеть по охране подземных вод от загрязнения. За время эксплуатации часть наблюдательных пунктов сети вышла из строя, часть попала на территорию застройки или частных владений, на ряде пунктов поставленные при их организации конкретные гидрогеологические задачи оказались решенными. То есть, на настоящий момент объективно возникла серьезная необходимость оптимизации наблюдательной сети и переориентации ее для реализации системы современных целей ГМПВ.

Согласно Положению о Государственном мониторинге недр Республики Казахстан, утвержденному упомянутым выше Постановлением Правительства, принята и новая концепция формирования и развития наблюдательной сети в системе ГМПВ; выделяются фоновая, региональная, локальная и специализированная наблюдательные сети. Предлагается учитывать также и частные (или private) наблюдательные сети. Недостатками уже существующей наблюдательной сети с позиций новой концепции ее формирования и развития являются следующие:

- недостаточно обоснована объектная привязка постов и пунктов наблюдения, так как выполненное районирование территорий не устраняет уникальности каждого выделенного района, а, следовательно, неясной остается репрезентативность наблюдательных постов применительно даже к гидрогеологическим структурам третьего и четвертого порядка (соответствующим схеме гидрогеологического районирования территории СССР по Л. А. Островскому и др. [6]);

- наблюдательные пункты часто оборудованы на неэксплуатируемые водоносные горизонты и комплексы;

- в зависимости от задач всего поста и входящих в него наблюдательных пунктов последние должны иметь специализированные конструкции и оборудование;

- практически совсем не исследовалась достоверность получаемых по данным режимных наблюдений на существующей сети результатов.

Рассмотрим здесь основные положения концепции оптимизации наблюдательной сети в системе ГМПВ, соответствующей современным требованиям к такой сети.

Под оптимизацией наблюдательной сети в системе ГМПВ понимается обоснование минимальной, но достаточной для решения задач мониторинга наблюдательной сети, а также оптимальных программ наблюдений по ней. Наиболее ответственными элементами такого обоснования являются назначение системы целей и выбор согласованной с этой системой эвристической модели (рабочей гипотезы) условий формирования подземных вод и их режима [4]. Весь процесс мониторинга по существу сводится к насыщению этой модели недостающей информацией, необходимой для решения поставленных задач, органически следующих из сформулированных целей (в их иерархическом соподчинении) при заданных ограничениях. Получаемая в результате режимных наблюдений информация может привести не только к детализации отдельных компонент модели мониторинга, но и к ее коренной перестройке, связанной с несоответствием исходной рабочей гипотезы и реальной природной ситуации.

Обоснование системы целей ГМПВ требует всестороннего анализа и обсуждения проблемы объекта мониторинга. Сложившееся к настоящему времени представление об этой проблеме содержит ряд аспектов, довольно слабо увязанных друг с другом. Так, объектом мониторинга считаются подземные воды, а целью его - информационное обеспечение рационального использования и охраны подземных вод. При этом основными задачами ГМПВ ставятся: наблюдение за состоянием подземных вод; оценка состояния подземных вод; составление прогнозов изменения состояния подземных вод, что в целом дает возможность осуществления цели ГМПВ.

Детализация целей обуславливает выделение на следующем иерархическом уровне двух объектов: а) режим и баланс подземных вод и б) охрана подземных вод от истощения и загрязнения. Эти объекты соответствуют следующим целевым функциям мониторинга:

- установлению закономерностей режима подземных вод и оценке количественных характеристик процесса формирования последних;

- оценке состояния подземных вод в районах расположения объектов недро- и природопользования, являющихся действующими или потенциальными источниками загрязнения подземных вод и (или) причиной их истощения. При таком подходе достаточно искусственным выглядит разделение наблюдательной сети ГМПВ (и соответ-

венно задач ГМПВ) на фоновую, региональную и локальную. Если локальная цель фонового мониторинга - изучение естественного (фоновое) режима как исходного уровня (эталоны) при оценке техногенных изменений состояния геологической среды - на первый взгляд вполне обоснована, то цели регионального и локального мониторинга реально разделить сложно. Использование гидрогеологического районирования как реализацию системного подхода в гидрогеологических исследованиях должно снять эти трудности. Задачей регионального мониторинга становится изучение особенностей формирования подземных вод и негативных проявлений техногенеза в пределах всей выделенной гидрогеологической структуры (1, 2, 3, 4, а возможно и 5 порядка).

Локальный же мониторинг предназначен для оперативного выявления техногенных изменений состояния подземных вод на типовых участках, приуроченных к объектам недр- и природопользования. Напомним здесь, что в конце 80-х годов во ВСЕГИНГЕО была разработана и внедрена на всей территории бывшего Советского Союза схема такого районирования [6].

Дискретность наблюдательной сети, невозможность (техническая и экономическая) охватить наблюдательной сетью всю площадь гидрогеологической структуры требует районирования последней по условиям формирования режима подземных вод; в пределах таких районов и устраиваются наблюдательные посты.

Как видно из изложенного, при постановке объектом мониторинга подземных вод отчетливо прослеживается тенденция совмещения его с пространственно выделенной гидрогеологической структурой. Отметим при этом, что теряются сами понятия фонового и регионального мониторинга без привязки их к таким структурам. Со всей очевидностью также ясно, что необходим системный подход к обоснованию объекта мониторинга подземных вод, который обеспечил бы учет приуроченности их к определенной территориально выделенной структуре, причем в увязке последней с другими составляющими геосистем соответствующего ранга.

В наше время в географии широкое развитие получило ландшафтоведение - наука о природно-территориальных комплексах, под которыми понимается закономерное сочетание природных, географических компонентов (земной коры, рельефа, воды, воздушных масс,

сообщества живых организмов), образующих целостную материальную систему - комплекс [1]. Подземные воды выступают компонентом природно-территориального комплекса, поэтому ничего нет удивительного в том, что выделенные в процессе гидрогеологического картирования и районирования структуры всех порядков (от водоносного горизонта или комплекса до гидрогеологической структуры I порядка) прекрасно увязываются с природно-территориальными комплексами соответствующих рангов. Зависимости между отдельными процессами и явлениями в природно-территориальных комплексах, их изменения во времени носят очень сложный характер, соответственно для объяснения этих зависимостей применяется предварительный синтез временных изменений, который позволяет обнаружить некоторые целостные объекты - состояния природно-территориальных комплексов [1].

Точно так же чрезвычайно сложны сочетания всех факторов, определяющих особенности режима подземных вод в пределах гидрогеологических структур даже 5 и 6 порядков, изменения таких сочетаний во времени. Поэтому по аналогии с природно-территориальными комплексами естественным представляется считать объектом мониторинга состояние подземных вод гидрогеологической системы (структуры), а целью - оценку и прогноз состояния.

Такая концепция объекта и цели мониторинга обеспечивает достаточно обоснованную и непротиворечивую увязку системы объектов и целей мониторинга всех уровней и рангов. В соответствии с ней, объектом фонового мониторинга становится естественное (фоновое) состояние подземных вод гидрогеологической системы (структуры) от 1 до 4 порядка, а задачей - оценка закономерностей естественного (фонового) состояния подземных вод (их режима) как исходного уровня (эталона) при оценке техногенных изменений состояния геологической среды. Объектом регионального мониторинга должно стать состояние подземных вод гидрогеологической системы от 1 до 4 порядка, целью - оценка особенностей формирования подземных вод и негативных проявлений техногенеза применительно к системе целиком. Аналогично объектом локального мониторинга является состояние подземных вод гидрогеологической системы 5 и 6 (а также 7 и 8) порядка (и типовые участки), которые являются объектом недро- и природопользования; целью локального мониторинга - опе-

ративное выявление изменений состояния подземных вод в таких системах при комплексном техногенном воздействии.

Последнюю задачу следует четко отграничивать от задач, решаемых так называемой сетью недро- и природопользователей. Такая сеть создается, как правило, в пределах горного и земельного отвода объекта недро- и природопользования и предназначена для оценки состояния подземных вод в его границах [5]. Часто площадь горного отвода, например, водозабора, пространственно не совпадает с площадью эксплуатируемого месторождения подземных вод. В таких случаях локальная сеть должна быть сориентирована, в том числе и на охват территории месторождения вне пределов горного отвода.

В рамках действующей концепции мониторинга не получили удовлетворительного решения некоторые его проблемы. В первую очередь это относится к проблеме соотношения регионального и локального мониторинга в горно-складчатых областях. Последние представляют собой целые группы бассейнов регионального стока безнапорных и безнапорно-субнапорных вод.

Создание региональной наблюдательной сети, способной охарактеризовать состояние подземных вод таких областей, - процесс очень длительный и дорогостоящий. Вместе с тем уже сейчас необходима общая концепция, под которую такая сеть здесь будет создаваться, и эта концепция должна исходить из долговременной перспективы развития ГМПВ.

Предлагаемая нами концепция в принципе обеспечивает эту перспективу. Согласно ей, на настоящем этапе развития ГМПВ региональная, как и локальная, сеть в пределах горно-складчатых областей должна ориентироваться на полный охват гидрогеологических структур 5 и даже 6 порядка, то есть бассейна местного стока безнапорных и безнапорно - субнапорных вод или группы бассейнов местного стока таких вод. Задачей дальнейшего развития наблюдательной сети в этом случае становится все более широкий охват таких бассейнов в увязке с районированием по условиям формирования режима подземных вод (см. таблицу). Такая увязка уже и сейчас служит основой решения задачи регионального мониторинга, то есть оценки, разумеется вероятностной, состояния гидрогеологических систем любого назначенного порядка, однако определение достоверности подобной оценки крайне затруднено.

Схема гидрогеологического районирования
по условиям формирования режима грунтовых вод

Таксономическая схема режима подземных вод		Таксономическая схема гидрогеологического районирования	
Наименование таксона	Наименование режима	Наименование таксона	Гидрогеологическая характеристика
Тип	Сезонного питания	Провинция	С неустойчивым сезонным промерзанием зоны аэрации
Подтип	Обильного питания	Зона	Избыточного увлажнения
	Умеренного питания		Умеренного увлажнения
	Скудного питания		Недостаточного увлажнения
Класс	Сильно дренированных областей	Область	Сильно дренированная
	Дренированных областей		Дренированная
	Слабо дренированных областей		Слабо дренированная
Подкласс	Литологический состав водоносного горизонта и зоны аэрации	Район	Литологический состав водоносного горизонта и зоны аэрации
Вид	Междуречный	Участок	Междуречье
	Склоновый		Склон
	Террасовый		Терраса
Разновидность	УГВ до 1 м	Подучасток	УГВ до 1 м
	УГВ 1-4 м		УГВ 1-4 м
	УГВ более 4 м		УГВ более 4 м

В качестве инструмента, основы эвристической модели мониторинга подземных вод предлагается ключевой участок - типовой район, репрезентативный бассейн, со своими индивидуальными закономерностями формирования подземных вод, их уровенного и химического режимов, масштаб и детальность назначения которых определяется решаемыми задачами [7]. Ключевой участок должен, вместе с тем, характеризовать объект мониторинга либо целиком, либо какую-то его часть с характерными (и выделенными) особенностями.

При оптимизации существующей и развитии сети мониторинга подземных вод целесообразно придерживаться определенной последовательности и комплексности. На первом этапе для обоснования выбора ключевых участков необходимо использовать районирование территории по условиям формирования подземных вод. Оно позволит пространственно и с необходимой детальностью выделить гидрогеологические структуры с полным для них циклом формирования подземных вод. Районирование основных режимобразующих факторов и условий (величины и периодов преимущественного питания, интенсивности дренирования подземных вод, глубины до их поверхности) обеспечивает возможность размещения сети наблюдений в различных гидрогеологических районах с ненарушенным или слабо нарушенным режимом подземных вод. Такие районы и выступают ключевыми участками выделенных гидрогеологических структур, на которых размещаются наблюдательные пункты фоновой и региональной сетей мониторинга.

На втором этапе необходимо осуществить эколого-гидрогеологическое районирование территории, которое отражает как степень и характер техногенной нарушенности режима подземных вод (загрязнение и истощение подземных вод в результате их эксплуатации и других мероприятий при недро- и природопользовании, сельскохозяйственном освоении земель и т.п.), так и потенциальную подверженность территории к возникновению или активизации негативных экзогенных геологических процессов, либо вызываемых подземными водами, либо оказывающих заметное влияние на режим подземных вод (карст, оползни, просадки, нарушения условий поверхностного стока, подтопление, заболачивание земель и т.п.). Такое районирование обеспечивает выбор ключевых участков для изучения нарушенного режима подземных вод. Такие ключевые уча-

стки представляют собой, с одной стороны, объекты размещения наблюдательных пунктов, а с другой, – объекты оптимизации наблюдательной сети локального мониторинга подземных вод. Естественно, что размещение наблюдательной сети целесообразно там, где негативные экзогенные и техногенные процессы могут иметь наибольшие отрицательные последствия.

Следующим, третьим, этапом оптимизации сети мониторинга подземных вод является исследование пространственно-временной синхронности режима подземных вод, базирующееся на кросскорреляционном анализе временных рядов по разноудаленным наблюдательным пунктам (скважинам) в пределах ключевых участков [4]. Выделение радиуса статистически значимых корреляционных связей позволяет оптимизировать количество наблюдательных пунктов, заложенных на основе предыдущих процедур, то есть сократить дублирующие пункты или запланировать дополнительные, не предусмотренные ранее. Одним из важнейших принципов, на базе которых строится система ГМПВ, является принцип методологической, технической и технологической обоснованности режимных наблюдений. Методологическая обоснованность предполагает использование в программе режимных наблюдений только тех исследований, результаты которых будут использованы для решения задач изучения конкретного объекта мониторинга. Разумеется, они должны быть обеспечены соответствующими технологиями и техническими средствами. К последней проблеме тесно примыкает еще одна – это достижение заданной степени достоверности режимных наблюдений и прогнозных оценок, выполняемых на их основе.

Поэтому задача оптимизации наблюдательной сети на следующем, четвертом, завершающем этапе распадается, в свою очередь, на несколько локальных задач. Во-первых, исследование достоверности получаемых по результатам режимных наблюдений результатов (например, объемов инфильтрационного питания подземных вод, бокового притока и оттока подземных вод к наблюдательному посту) способно оптимизировать конструкцию каждого конкретного наблюдательного поста, то есть обосновать возможность и целесообразность организовать пост в виде "конверта" наблюдательных скважин или ограничиться одиночной скважиной и т.д. Кроме того, исследования подобного рода обеспечивают выбор необходимой (нормативной)

обеспеченности точности результатов режимных наблюдений (пример такого рода исследований можно найти в [2, 3]). Важным следствием оптимизации сети мониторинга подземных вод на этом этапе, напрямую связанным с обеспечением необходимой точности режимных наблюдений, является минимизация частоты наблюдений, критерием которой служит точность интерполяции данных замеров при различной степени их дискретизации. Функцией цели подобной оптимизации может служить разность относительной точности замеров и относительных затрат на их производство. По экстремуму кривой этой разности появляется возможность оценки оптимальной дискретности режимных наблюдений (замеров по программе наблюдений), удовлетворяющую требуемой точности конечных, изучаемых по данным режимных наблюдений, характеристик условий формирования подземных вод при минимальных затратах на проведение режимных наблюдений [4].

Во-вторых, завершающая оценка степени достаточности, недостаточности или избыточности наблюдательной сети целесообразна на основе одного из видов геостатистического анализа результатов наблюдений, получившего название крайгинг [4]. Целью такого анализа является, с одной стороны, минимизация плотности наблюдательной сети в пределах зон синхронного режима, а с другой стороны, - обоснование необходимой и достаточной плотности этой сети для построения достоверных региональных и локальных математических моделей, картирования режима и его прогнозов. Иными словами, процедура крайгинга позволяет как сократить дублирующую сеть, так и дополнить ее там, где экстраполяция данных с соседних наблюдательных постов и пунктов не обеспечивает необходимой точности оценок изучаемых характеристик формирования подземных вод и точности гидрогеологических прогнозов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беруцашвили Н. Л. Геофизика ландшафта. - М.: Высшая школа, 1990. - 288 с.
2. Бураков М. М. О случайных погрешностях оценок питания грунтовых вод по режимным данным методом Н.Н. Биндемана // Геология и разведка недр Казахстана. - 1996. - № 4. - С. 26 - 30.

3. Бураков М. М. Об оценке достоверности фильтрационных параметров // Водные ресурсы. - 1996. - Т. 23. - № 5. - С. 539 - 547.
4. Ковалевский В. С., Семенов С. М. Оптимизация наблюдательных сетей мониторинга подземных вод // Вода: экология и технология. Тезисы докладов Третьего Международного конгресса (Москва, 25 - 30 мая 1998 г.). - М.: СИБИКО Интернэшнл, 1998. - С. 524 - 525.
5. Мониторинг месторождений и участков водозаборов питьевых подземных вод / Б. В. Боровский, Л. С. Язвин, В. П. Закутин и др. // Вода: экология и технология. Тезисы докладов Третьего Международного конгресса (Москва, 25 - 30 мая 1998 г.). - М.: СИБИКО Интернэшнл, 1998. - С. 503.
6. Островский Л. А., Антышко Б. Е., Конохова Т. А. Методические основы гидрогеологического районирования территории СССР. - М.: Недра, 1990. - 240 с.
7. Шапиро С. М., Павличенко Л. М., Подольный О. В. Гидрогеологические прогнозы подземного стока в озеро Балхаш. - Алма-Ата: Наука, 1982. - 128 с.

Институт гидрогеологии и гидрофизики
им. У.М. Ахмедсафина МНВО РК

**ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫНЫҢ МЕМЛЕКЕТТІК
МОНИТОРИНГІНІҢ БАҚЫЛАУ ОҢТАЙЛАНДЫРУ
ТҰЖЫРЫМДАМАСЫ ЖАЙЫНДА**

Геол. – минер. г. канд. М. М. Бураков
Геол. – минер. г. докторы О. В. Подольный

Мониторинг мәселелерін шешу үшін ең аз, бірақ жеткілікті бақылау торабын негіздеу мақсатымен, жерасты суларының мемлекеттік мониторинг жүйесінде бақылау торабын ұйымдастырудың жаңа тұжырымдамасы ұсынылады.

УДК 551.345(574)

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДОВ СЕВЕРНОГО
ТЯНЬ-ШАНЯ

Доктор геогр. наук А. П. Горбунов

Канд. с.-х. наук Э. В. Северский

Проведена оценка запасов подземных льдов в Северном Тянь-Шане. В этот регион включен Джунгарский Алатау в пределах Казахстана, полностью Заилийский и Кунгей Алатау, Казахские части Кетменя с отрогами и Терскей Алатау. Запасы льда определялись по методике авторов с использованием геохронологических карт масштаба 1:500 000. Суммарный объем льда составляет 56 км³, т.е. 62 % от объема льда ледников этого же региона. По карте масштаба 1:25 000 проведены подсчеты запаса подземного льда в бассейне р. Большой Алматинки (Заилийский Алатау), но по иной методике. Эти запасы определены в 0,6 км³, что составляет 87,8 % от объема льда глетчеров, по состоянию на 1990 год.

Описание современного оледенения горных регионов обычно сопровождается материалами, характеризующими площади ледников и их объемы. Однако значительные массивы льда, содержащиеся в горных породах остаются вне поля зрения исследователей. Сейчас уже совершенно определенно можно констатировать, что в горных регионах, где развито современное оледенение обязательно присутствуют и вечномерзлые (многолетнемерзлые) породы. Более того, такого рода породы могут быть встречены и в тех горах, где отсутствуют ледники. Все зависит от абсолютной высоты и местоположения гор. В низких географических широтах многолетнее промерзание возможно только в высокогорье, в средних – преимущественно в высокогорье и среднегорье, в высоких – во всех высотных поясах. Например, в Казахстане, кроме горных хребтов с

ледниками, вечная мерзлота на Алтае распространена в местах, где ледники отсутствуют (Тигирецкий, Убинский, Ульбинский, Нарымский хребты). Такая картина наблюдается в Тарбагатае, Тастау, Кояндытау, Кетменском хребте с отрогами и некоторых других горных массивах. Следовательно, вечная мерзлота в горах Казахстана распространена шире, нежели ледники.

Последующее изложение требует некоторых терминологических пояснений. В мерзловедении (геокриологии) широко используются такие понятия как: вечная мерзлота, многолетнемерзлые горные породы, криолитозона. Первое – народный термин, второе определение введено в мерзловедение группой ученых в пятидесятых годах определением в замен первого. Поэтому их следует рассматривать в качестве синонимов. Криолитозона – зона отрицательных температур литосферы. В ней могут находиться породы не содержащие льда или незамерзшие минерализованные воды. Следовательно, это более широкое определение, нежели вечная мерзлота или многолетнемерзлые породы. Горные породы, которые не содержат лед принято именовать морозными, а в англоязычной литературе их называют *dry permafrost* – сухая вечная мерзлота. Незамерзшие воды криолитозоны с отрицательной температурой называют криопэгами. Иногда используется термин сезонная криолитозона, для определения сезоннопромерзающих пород.

В связи с тем, что ниже пойдет речь о подземных льдах то наряду с термином криолитозона будет использовано и определение вечная мерзлота.

Содержание льда в вечномерзлых породах (криолитозоне) чрезвычайно изменчиво. В криолитологии принято их делить на эвидентные (видимые) и латентные (скрытые). Первые поддаются прямому визуальному измерению (ширы и залежи льда). При протаивании мерзлых пород эти льды переходят в свободную воду. Вторые – не поддаются прямому измерению и их содержание определяется косвенным методом. Это главным образом лед-цемент тонкодисперсных пород. При протаивании мерзлых пород они остаются в ней в виде связанной воды. В предлагаемой публикации речь пойдет только о эвидентных льдах. Среди них находятся погребенные ледниковые (глетчерные), наледные, озерные и речные

льды. Сюда же следует отнести погребенные лавинные снежники. Основные массивы погребенных льдов приходится на глетчерные. Погребение лавинных снежников происходит реже, чем ледниковых массивов, и они не образуют столь крупных тел, как глетчерные. Остальные разновидности погребенных льдов крайне редки и малы по своим размерам. Погребенные ледниковые и лавинные льды приурочены к моренам и каменным глетчерам, хотя последние могут встречаться и в осыпях высокогорий, реже – среднегорий. К числу собственно подземных льдов, т.е. образовавшихся непосредственно в толще горных пород, относятся сегрегационные, инъекционные, жильные и полостные. Первые возникают за счет льдовыделения в промерзающих осадочных толщах, вторые – при внедрении под напором вод в промерзающую систему, третьи – при инфильтрации поверхностных вод и водяных паров в мерзлые породы, в основном грубообломочные или скальные.

Оценка объемов криолитозоны и подземных льдов – весьма сложная задача. Связано это с тем, что распространение вечной мерзлоты в горах зависит от многих факторов – абсолютной высоты, пространственным положением местности, составом и сложением горных пород, их влажностью и многим другим. Пояс вечной мерзлоты обычно расчленяет на подпояса островного, прерывистого и сплошного ее распространения [5]. В самом нижнем подпоясе, островном, мерзлые породы в основном приурочены к склонам северной экспозиции, в подпоясе прерывистого распространения – к северным склонам добавляются западные и восточные, а в подпоясе сплошного распространения вечная мерзлота встречается почти повсеместно, включая и склоны южной экспозиции. Отсутствует она только местами, например, вдоль активных тектонических разломов, под крупными и глубокими озерами и руслами многоводных рек, под некоторыми ледниками. Следует еще подчеркнуть, что в двух нижних подпоясах она распространена не повсеместно на упомянутых склонах: местами, скажем, на песчаных или на заснеженных участках вечная мерзлота может отсутствовать, как и на конусах выноса, в руслах водных потоков, в местах разгрузок подземных вод. Из-за такой мозаичности подсчеты площадей, занятых мерзлыми массивами особенно в двух нижних поясах весьма ориентировочны. Еще сложнее определение толщины (мощности) этих массивов.

Поэтому приходится довольствоваться средними показателями. Все перечисленные трудности, конечно, определяют лишь оценочный, весьма приближенный характер подсчетов объемов подземных льдов.

Запасы подземных льдов на Земле оценивались рядом исследователей [2, 10]. Первая же попытка определения объема подземных льдов в нашем регионе, в Тянь-Шане, сделана Б. И. Втюриным [2]. Используя в качестве исходных материалов данные А. П. Горбунова [3], он определил общий объем эвидентных подземных льдов в той части Тянь-Шаня, которая находилась тогда на территории СССР, в 45 км^3 . Отметим для сравнения, что объем всех ледников Тянь-Шаня в пределах СССР оценивался примерно в те же годы в 357 км^3 [6]. Известны и другие определения запасов подземных льдов в горных районах. У Б. И. Втюрина [2] находим оценки и по другим южным горным районам бывшего СССР – Кавказу ($22,2 \text{ км}^3$), Памиру ($15,0 \text{ км}^3$), Алтаю и Саянам (393 км^3). В монографии Д. Барша [11] приведена оценка запасов подземных льдов в Швейцарских Альпах, в диапазоне абсолютных высот 2 600 – 3 000 м. Их объем составляет несколько больше 6 км^3 . Отметим, что подсчет запасов льда в Альпах проводился только в пределах подполюсов островного и прерывистого распространения вечной мерзлоты, на площади $3\,321 \text{ км}^2$. Есть оценки запасов подземных льдов, но сугубо локальные, касающиеся небольших горных территорий. Так у того же Д. Барша [11] находим данные по объему подземных льдов в Восточном Тироле (Австрия). Материалами по подсчетам запасов эвидентных подземных льдов в иных горных системах они отсутствуют в обобщающих публикациях.

Казахстанская высокогорная геокриологическая лаборатория Института мерзлотоведения СО РАН начиная с конца семидесятых годов провела серию оценок запасов подземных льдов в горах Казахстана и Средней Азии. Эти подсчеты проводились на основе геокриологических карт с начала масштаба 1:1 000 000, затем – 1:500 000. В последние годы проведена оценка объемов подземных льдов для одного из участков Заилийского Алатау по геокриологической карте масштаба 1:25 000. Первые же подсчеты запасов подземных льдов в рассматриваемом регионе показали, что оценки по Тянь-Шаню и Памиру, проведенные Б. И. Втюриным [2], существенно занижены. Это вполне объяснимо, т.к. он располагал

еще крайне ориентировочными данными о распространении криолитозоны, о мощности и льдистости в этих горах. По нашим подсчетам запасы подземного льда в Тянь-Шане по карте масштаба 1:1 000 000 — 412 км³ [4]. По данным Е. Н. Вилесова и И. В. Беловой [1] объем ледников этого же горного региона составляет около 423 км³. Позже, проведенные нами оценки запасов подземных льдов по карте масштаба 1:500 000 с привлечением некоторых уточняющих материалов позволили изменить упомянутую величину: снизить ее до 320 км³.

Настоящая публикация посвящена результатам последующих работ по подсчету объемов криолитозоны и подземных льдов в Северном Тянь-Шане, включая и Джунгарский Алатау. Этот регион находится на территории Казахстана и частично в Северной Киргизии. Подсчеты выполнялись по геокриологической карте масштаба 1:500 000 с использованием новейших данных по мощности криолитозоны и содержания в ней льда. Кроме того, приведены материалы по подсчетам запасов подземных льдов на основе геокриологической карты масштаба 1:25 000 бассейна реки Большой Алматинки вместе с р. Проходной (северный макросклон Заилийского Алатау). Оценка запасов подземных льдов здесь проводилась несколько по иной методике.

Наименее изученной до сих пор остается скальная криолитозона. Некоторые материалы о ее строении в горах Забайкалья и наши данные, полученные при осмотре горных выработок в Тянь-Шане, позволяют составить о ней общее представление (рисунок).

Морозные породы занимают срединное положение в криолитозоне скальных толщ. Лед в них отсутствует, но у подошвы скальной криолитозоны, лед вновь появляется, заполняя трещины, которые образуются при пульсации подошвы криолитозоны в контактной полосе. Контакт сдвигается вглубь скального массива при похолодании климата или ослаблении плотности глубинных геотермических потоков и, наоборот, имеет противоположное движение при потеплении климата, и усилении плотности упомянутых потоков. Все это приводит к некоторому растрескиванию пород, а "подсос" влаги из немерзлой скальной толщи, если таковая там есть, формирует ледяные включения. Предполагается, что содержащая лед

"приполюшенная" криолитозона, имеет мощность порядка нескольких метров, может быть иногда 10 – 20 м.

Повышенное содержание льда в скальной криолитозоне характерно для коры ее выветривания и зон тектонического дробления. Объемная льдистость таких массивов может достигать 10 – 20 % и более, общая объемная льдистость коры выветривания магматических горных пород обычно не превышает 3 % [7, 9].

Следует отметить, что строение и льдосодержание скальных пород до сих пор одна из наименее изученных сторон криолитозоны. Особенно это касается высокогорных регионов.

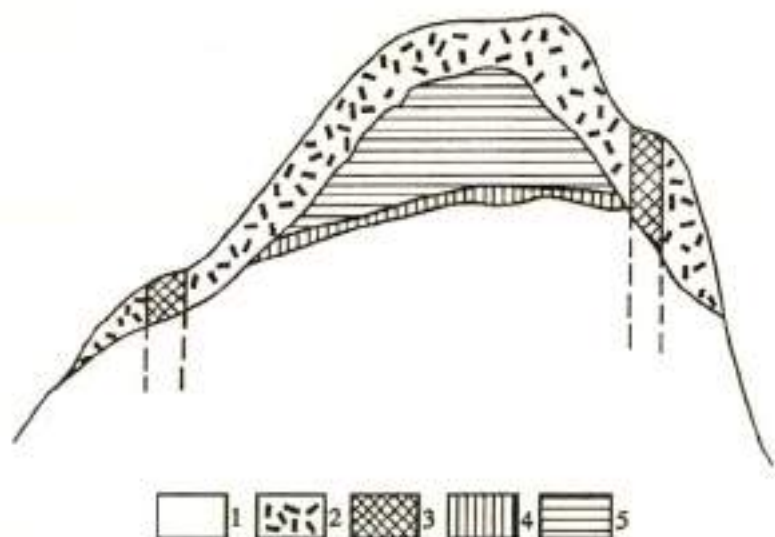


Рис. Принципиальная схема строения скальной криолитозоны: 1 – скальный массив вне криолитозоны; 2 – мерзлая кора выветривания; 3 – мерзлые породы зоны тектонического дробления; 4 – мерзлые породы контактной зоны; 5 – морозная криолитозона.

Значительно лучше обстоит дело с рыхлообломочной криолитозоной вообще и нашего региона в частности. У нас есть сведения о криогенном строении склоновых отложений различного состава, древних и современных морен, каменных глетчеров, озерных, аллювиальных, пролювиальных отложений и других образований. Особенно высокой льдистостью обладают современные (голоценовые) морены, каменные глетчеры, озерные толщи и другие грубообломочные накопления (осыпи, коллювий, курумы, обвалыные

массивы). Ледистость некоторых из перечисленных образований иногда достигает 70 – 80 %.

Подсчет объемов криолитозоны и подземных льдов осуществляется по мерзлотным (геокриологическим) подпоясам. Внутри каждого из них определялась суммарная площадь массивов криолитозоны: для островного подпояса обычно принимались 10 – 20 %, для прерывистого – 60 – 70 %, для сплошного – 90 % от площадей этих подпоясов. Но иногда, в зависимости от конкретных обстановок в этот подход вносились некоторые коррективы.

Сведения о площадях с различным типом распространения вечной мерзлоты и суммарных площадях криолитозоны в рассматриваемых горных регионах Юго-Восточного Казахстана приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Площади поясов и подпоясов вечной мерзлоты (числитель)
и массивов криолитозоны в их пределах (знаменатель), км²

Регионы	Подпояса			Всего
	сплошной	прерывистый	островной	
Заилийский, Кунгей, Терской Алатау и Кетмень (бассейн. оз. Балхаш)	<u>1177</u> 1054	<u>964</u> 848	<u>3143</u> 797	<u>5284</u> 2699
Заилийский и Кунгей Алатау (бассейн р. Чу)	<u>672</u> 605	<u>734</u> 442	<u>675</u> 67	<u>2084</u> 1114
Кунгей Алатау (бассейн оз. Иссык-Куль)	<u>717</u> 650	<u>1002</u> 600	<u>1000</u> 100	<u>2719</u> 1350
Джунгарский Алатау	<u>2962</u> 2666	<u>2755</u> 1928	<u>4218</u> 845	<u>9935</u> 5439
Итого:	<u>6528</u> 5975	<u>5458</u> 3818	<u>9636</u> 1809	<u>20022</u> 10592

Примечание. В таблицах 1 и 2 помещены характеристики по всему Заилийскому и Кунгей Алатау, а по Терской Алатау и Кетменю – только тех частей, которые находятся в пределах Казахстана. Высотные границы геокреологических подпоясов для Северного Тянь-Шаня: островной – 2700 м, прерывистой – 3200 м, сплошной – 3600 м; в Джунгарском Алатау эти границы смещены вниз на 200 м.

Для подсчета объема криолитозоны принимались средние мощности скальной и рыхлообломочной криолитозоны. Обычно в пределах островного распространения определялся объем только рыхлообломочной криолитозоны, так как скальная криолитозона здесь редка. Для островного подпояса, в зависимости от местных условий, мощность криолитозоны принималась в 20 – 30 м. В подпоясе прерывистого распространения определялись объемы скальной и рыхлообломочной криолитозоны. Обычно для скальной принималась мощность в 100 м, а для рыхлообломочной – 50 м. В пределах сплошного распространения вечной мерзлоты определялся объем только скальной криолитозоны.

Средняя мощность ее в зависимости от высоты гор принималась в 100 или 200 м. Рыхлообломочные отложения в подпоясе сплошного распространения вечной мерзлоты в рассматриваемом регионе существенно уступают скальной криолитозоне, особенно это касается их мощности. Но в других районах Тянь-Шаня, в частности, во внутреннем, наблюдается иная картина соотношения скальной и рыхлообломочной криолитозон.

Исходя из анализа собственных материалов и некоторой информации по регионам, расположенным в Сибири [7, 9] в качестве исходной величины льдистость для скальной криолитозоны принималась равной 1 %, хотя в зонах тектонического дробления и в коре выветривания скальных массивов объемная льдистость может достигать 30 %, возможно, и более. Но с другой стороны, значительные массивы скальной криолитозоны вообще лишены льда. Льдистость рыхлообломочной криолитозоны в подсчетах принималась равной 30 %, хотя нередко в моренах, каменных глетчерах, озерных толщах, в осыпях она достигает 60 – 70 % и более.

Приведенные в таблице 2 оценки весьма ориентировочны, но и они показывают, что запасы подземных льдов в регионе существенны и сопоставимы с объемами современных ледников.

Таким образом, многолетнемерзлые породы на Северном Тянь-Шане распространены на площади около 20 тыс. км², что составляет около 35 % всей горной территории этих регионов. Суммарная площадь всех массивов вечной мерзлоты здесь почти в два раза меньше (10,6 тыс. км²). Однако это примерно в 5 раз больше суммарной площади всех ледников рассматриваемого региона. Запасы подземных льдов криолитозоны оцениваются в 56 км³, что составляет около 22 % объема всей криолитозоны региона.

Таблица 2

Объемы криолитозоны и подземных льдов, км³

Регионы	Объем криолитозоны			Объем подземного льда		
	скаль- ный	рых- ло- обло- моч- ный	все- го	скаль- ный	рыхло- обло- мочный	все- го
Заилийский, Кунгей, Терской Алатау и Кетмень (бассейн оз. Балхаш)	366,1	56,84	422,98	5,66	17,07	22,71
Заилийский и Кунгей Алатау (бассейн р. Чу)	143,1	12,84	155,91	1,47	3,85	5,32
Кунгей Алатау (бассейн оз. Иссык-Куль)	160,0	4,5	164,5	1,6	4,8	6,4
Джунгарский Алатау	438,1	57,05	495,12	4,38	14,12	21,50
Итого:	1107,3	131,23	1238,53	12,51	42,82	55,93

Составим эту величину с наземным оледенением рассматриваемого региона. Объем всех ледников оценивается примерно 90 км^3 [1, 6], а объем подземных льдов – около 56 км^3 , что составляет примерно 62 % относительно объема наземного льда. Интересно эти соотношения сравнить с данными для всего Тянь-Шаня (без китайской его части). Оно составляет 76 %, а только по одному Джунгарскому Алатау – 59 %.

Подсчеты запасов подземного льда в бассейне реки Большой Алматинки выполнялись по карте масштаба 1:25 000. Здесь определение объемов льда осуществлялось по геокриологическим подпоясам, непосредственно по выявленным массивам криолитозоны. В бассейне Большой Алматинки первые небольшие по площади и маломощные (до нескольких метров) массивы мерзлоты появляются уже на абсолютных высотах около 2 000 м. Они приурочены исключительно к грубообломочным толщам густых ельников. Это сугубо локальные образования, некоторые из них относятся к числу реликтов Малого ледникового периода (XIV – XVIII века). Подсчеты объемов льда в скальной и рыхлообломочной криолитозоне проводились раздельно. Для каждого контура определялись мощность и льдистость. Всего выделены следующие разновидности криолитозоны: скальная, рыхлообломочная с заполнителем (СЗ) и без него (БЗ). Суммарная площадь скальной криолитозоны составляет 17 км^2 , рыхлообломочная без заполнителя $44,2 \text{ км}^2$, с заполнителем $27,2 \text{ км}^2$. Рыхлообломочная криолитозона представлена в основном моренами, каменными глетчерами, осыпями, обвальными толщами, в которых заполнитель или отсутствует, или не в полной мере заполняет пустоты между обломками. Рыхлообломочная криолитозона с заполнителем характерна для аллювиальных, озерных, пролювиальных, древних морен и каменных глетчеров, для склоновых отложений. Таким образом скальная криолитозона, представленная в основном гранитами, занимает примерно 19 %, рыхлообломочная без заполнителя – 50 %, она же, но с заполнителем – 31 % от площади всей криолитозоны бассейна Большой Алматинки. Мощность криолитозоны в зависимости от абсолютных высот представлена в таблице 3.

Данные в таблице 3 нуждается в некоторых пояснениях. Следует иметь в виду, что в пределах высотных диапазонов существенно изменяется мощность криолитозоны с высотой, меняется и даже исчезает с высотой рыхлообломочная толща, большей частью криолитозона по своему строению неоднородна, т.е. состоит из скальной и рыхлообломочной и соотношение их меняется с высотой и от места к месту. Поэтому в каждом конкретном случае пришлось оперировать с определенными величинами.

Таблица 3

Мощность криолитозоны

Типы распространения криолитозоны	Абсолютные высоты, м	Разновидности криолитозоны и ее мощность, м		
		скальная	рыхлообломочная	
			без заполнителя (БЗ)	с заполнителем (СЗ)
Сплошной	Выше 3600	150	100	100
			из них:	из них:
			20 - БЗ 80 - скальная	5 - СЗ 95 - скальная
Прерывистый	3200-3600	100	50	50
			из них:	из них:
			30 - БЗ 20 - скальная	20 - СЗ 30 - скальная
Островной	2700-3200	50	20	20
			из них:	
			15 - БЗ 5 - скальная	
Спорадический	2000-2700		5	5

Льдистость для скальной криолитозоны принята в 1%, для рыхлообломочной без заполнителя - 50%, с заполнителем - 20%. Все

приведенные выше данные позволили оценить общий объем криолитозоны в $6,8 \text{ км}^3$ (скальной – $5,5 \text{ км}^3$, рыхлообломочной без заполнителя – $0,83 \text{ км}^3$, с заполнителем – $0,47 \text{ км}^3$), а запасы подземных льдов – $0,6 \text{ км}^3$. Сопоставим эту оценку с наземным оледенением этой же территории. Общий объем ледников бассейна Большой Алматинки в 1955 г. составил $1,164 \text{ км}^3$, в 1979 г. – $0,781 \text{ км}^3$, в 1990 г. – $0,683 \text{ км}^3$ (устное сообщение Е. Н. Вилесова). Следовательно, за эти годы объем подземных льдов по отношению к такому ледников менялся от 51,5 % до 87,8 %. Отметим, что объем подземных льдов остается почти неизменным, а ледников, как установлено, существенно уменьшился. Предположение о постоянстве запасов подземных льдов основано на том, что за этот период не отмечено сколько-нибудь заметной деградации вечной мерзлоты. Связано это с тем, что криолитозона более консервативная система, нежели ледники. Поэтому потепление климата на ней сказывается с большим запозданием, да и уменьшение атмосферных осадков, наоборот, благоприятствует сохранению мерзлых пород, в отличие от ледников. Следовательно, доля наземного оледенения в общих запасах природных льдов сейчас идет к уменьшению, а подземных льдов в криолитозоне к увеличению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е. Н., Белова И. В. Запасы льда и основные черты современного оледенения Тянь-Шаня // Геокриологические исследования в горах СССР. – Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1989. – С. 117 – 132.
2. Втюрин Б. И. Подземные льды СССР. – М.: Наука, 1975. – 209 с.
3. Горбунов А. П. Вечная мерзлота Тянь-Шаня. – Фрунзе: Илим, 1967. – 164 с.
4. Горбунов А. П., Ермолин Е. Д. Подземные льды гор Средней Азии // Материалы гляциологических исследований. – 1981. – № 41. – С. 59 – 62.
5. Горбунов А. П., Северский Э. В., Титков С. Н. Геокриологические исследования Тянь-Шаня и Памира. – Якутск: ИМЗ СО РАН, 1996. – 196 с.
6. Каталог ледников СССР. – Том 13. Центральный и Южный

- Казахстан. Вып. 2. Бассейн оз. Балхаш. Ч. 1. Бассейны левых притоков р. Или от устья р. Курты до устья р. Тургень. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 78 с.
7. Коган А. А., Кривоногова Н. Ф. Многолетнемерзлые скальные основания сооружений. – Л.: Стройиздат, 1978. – 207 с.
 8. Суслов В. Ф. Ледниковые ресурсы Советского Союза. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 9 с.
 9. Шестернев Д. М., Ядрищенский Г. Е. Стрoение и свойства криолитозоны Удокана. – Новосибирск: Наука, 1990. – 123 с.
 10. Шумский П. А. Подземные льды // Основы геокриологии (мерзлотоведения). – Ч. 1. Глава 9. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – С. 274 - 327.
 11. Barsch D. Rock glaciers. – Berlin.: Springer, 1996. – 331 p.

Казахстанская высокогорная геокриологическая лаборатория
Института мерзлотоведения СО РАН

Международный центр геоэкологии горных стран
аридных районов МНВО РК

СОЛТҮСТІК ТЯНЬ-ШАНЬ ТАУЛАРЫНЫҢ ЖЕРАСТЫ МҮЗДАРЫНЫҢ ҚОРЛАРЫН БАҒАЛАУ

Геогр. г. докторы
Ауыл. ш. ғ. канд.

А. П. Горбунов
Э. В. Северский

Солтүстік Тянь-Шаннің жерасты мұздарының қорлары бағаланған. Зерттелген аумаққа Қазақстан көлемінде Жоңғар Алатауы, толық Іле мен Күнгей Алатаулары, Кетмень және Теріскей Алатаулары енгізілген. Мұз қорларын анықтау процессі авторлар ұсынған әдіс бойынша бағаланған, яғни масштабы 1: 500000 геокриологиялық карталардың көмегімен. Мұздардың жалпы көлемі 56 км³ болып бағаланған, керісінше айтсақ бұл көлем қаралынған аумақтың жалпы 62 % болып табылады. Басқа әдіс бойынша, масштабы 1: 25000 картамен, Үлкен Алматы өзенінің су алқабындағы жерасты мұздарының қорлары есептелінген. Бұл қорлар 0,6 км³ болып табылған, яғни 1990 жылғы шаққанда барлық глетчерлердің 87,8 % көлеміне сәйкес.

УДК 504.504(1/9)

 ^{137}Cs И КОРНЕВАЯ СИСТЕМА РАСТЕНИЙ

Канд. биол. наук Г. С. Айдарханова

Приведены результаты рекогносцировочных исследований радиоактивного ^{137}Cs в почве и растениях на территории Семипалатинского испытательного полигона. Установлено, что в почвенно-растительном покрове в наибольшей степени радионуклиды аккумулируются в корневой системе растений. Превышение концентрации ^{137}Cs в корнях по сравнению с надземными частями составляет от 1,3 до 55 раз. Показано, что диапазон варьирования удельной активности ^{137}Cs в корневой системе составляет от 20 Бк/кг до 329 Бк/кг, а в надземной биомассе от 6 Бк/кг до 47 Бк/кг. Результаты исследования позволили оценить радиозкологическое состояние территории сельскохозяйственных угодий южной части полигона.

Радионуклиды - продукты ядерных взрывов на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) являются одним из основных загрязнителей природной среды. В литературе значительные исследования посвящены физическим и химическим свойствам изотопов в модельных экспериментах [6,10,11]. Имеется большое число научной информации по изучению их метаболизма в различных экосистемах в районах Чернобыльской и Кыштымской аварий (Восточно-Уральский радиоактивный след) [3,4,7,]. На территории СИП интерес представляет миграция радионуклидов по экологической цепи "почва - растения - животные - человек", их радиационный эффект в отдаленные сроки после проведенных ядерных испытаний. Биологически токсичными продуктами ядерных испытаний являются ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{210,240}\text{Pu}$. В наибольшей степени нами изучалось поведение ^{137}Cs в растительности СИП, т.к. масштабы использования растительной продукции в регионе значительны.

Материалом для исследования служили корни и надземные части растительности, пробы почвы, отобранные в различных экосистемах в южной части Семипалатинского полигона. Перед началом отбора проб в полевых условиях проводили измерения уровня естественного радиационного фона гамма-излучения. В лабораторных условиях пробы были высушены до воздушно-сухого состояния, сожжены, озолены при температуре до 420°C . Зола помещали в специальные кюветы и производили измерения. Концентрацию ^{137}Cs определяли методом гамма-спектрометрического анализа. Предел обнаружения изучаемого радионуклида в пробах растений у регистрирующих приборов - 6 Бк/кг, в почвах - 3 Бк/кг. Аналитические работы проведены в лабораториях Национального ядерного центра РК.

Природный радиационный фон на выбранных участках обследования составил 12 - 30 мкР/ч, что является низкоуровневым естественным гамма-фоном, характерным для основной части территории полигона.

Установлено, что в Семипалатинском регионе 88,6 % площади занято природными кормовыми угодьями, что определяет структуру и специализацию хозяйствования - животноводство. Пастбища дают 61,0 % всех видов кормов, заливаемые луговые сенокосы речных долин и межсочных котловин - 16,4 % [2]. Видовой состав растительности, под влиянием которого осуществляются биогенная миграция и накопление химических элементов, оказывает большое влияние на поведение радионуклидов в биосфере. Геоботанические исследования показали, что обширные площади равнин южной части полигона заселены растительностью степной зоны. В травостое доминирует *Stipa capillata* L., субдоминантами являются *Festuca Valesiaca* Gaudin, разнотравье представлено видами *Artemisia frigida*, полукустарничками (солянка восточная, солонечник узкий), лапчатка бесстебельная. Проективное покрытие до 35 - 50 %, продуктивность урожая 339,4 - 425,8 кг/га.

Известно, что процесс загрязнения растительности радионуклидами происходит несколькими путями и, что в зависимости от условий произрастания доминирует тот или иной путь. Многие авторы отмечают несомненное участие корневого канала в накоплении радионуклидов [8,11]. Отдельные исследователи считают что аккумуляция радионуклидов корнями является основным путем радиоактив-

ного загрязнения растений [3,5]. Корневая система растений поглощает ионы или молекулы веществ, если они находятся у поверхности корня или корневого волоска. Убыль ионов или молекул пополняется при:

- проникновении корней в те микроучастки корнеобитаемого слоя почвы, где запасы минеральных веществ (или радионуклидов) еще не исчерпаны;
- передвижении ионов и молекул к корню по почвенному раствору, движущимся в результате всасывания воды корнем;
- диффузии ионов и молекул к корню по почвенному раствору и по поверхности почвенных частиц.

Надземные части растений - это первый экран, на котором задерживаются выпадающие из атмосферы радионуклиды [4,7]. Поэтому аэрозольные выпадения являются другим ведущим источником загрязнения растений. Имеются данные о положительной корреляции между распределением радионуклидов в надземных частях травянистых растений и количеством выпадающих радиоактивных частиц в районе, где они произрастают [3,4]. Установлено, что накопление на поверхности листьев в 30 раз выше, чем во внутренних тканях [8].

Анализ удельной активности ^{137}Cs в дикорастущих многолетниках показал, что все образцы в различной степени загрязнены исследуемым радионуклидом. В надземных органах изученных растений содержание радиоактивного цезия колеблется от 6 Бк/кг до 53 Бк/кг, а в корнях вариация составляет от 10 Бк/кг до 329 Бк/кг (таблица), то - есть корневая система растений аккумулирует ^{137}Cs гораздо интенсивнее, чем надземная часть. Кратность превышения составляет от 1,3 до 55 раз. Следует отметить, что за вегетационный период накопление радионуклидов происходило в одних и тех же условиях, а диапазон измеренных значений ^{137}Cs имеет широкий разброс. Это, видимо, обусловлено различным уровнем загрязнения почв в момент проведения ядерных испытаний по следам радиоактивных облаков, сформировавших локальные (пятнистые) зоны в 1949 - 1963 гг. Значительный диапазон аккумуляции радионуклидов корнями точнее свидетельствует о пятнистости почвенного загрязнения. При корневом усвоении растениями радионуклидов возможен их транспорт к надземным органам, но подавляющая концентрация радионуклидов остается в корнях [7,8]. Снижение накопления в над-

земных частях растений, особенно, химических минеральных веществ, из среды с повышенной их концентрацией является результатом барьерно-регулирующей функции корневых систем, контролирующей поток ионов в растения [5]. Следует так же отметить, что цезий легко вымывается из листьев дождями и характеризуется высокой подвижностью при осеннем перераспределении химических элементов у растений.

Таблица

Содержание ^{137}Cs в почвенно-растительном покрове

Номер участка	Площадь исследования, м ²	Удельные активности проб, Бк/кг ± %		
		почва	корни	надземная часть
1	4	11	36±20	7±49
2	5	21	54±13	31±20
3	3	19	65±15	6±80
4	4	25	73±11	15±28
5	3	19	329±8	6±83
6	4	21	75±14	32±20
7	2	10	75±14	32±22
8	3	14	82±15	10±60
9	6	8	33±19	20±42
10	2	10	86 ±13	14 ±70
11	5	18	123±11	21±20
12	4	16	40±20	22±34
13	3	9	20±40	17±20
14	3	13	29±40	10±60
15	3	10	60±20	17±32
16	3	8	59±13	≤6
17	3	16	29±30	8±90
18	2	16	246±9	10±46
19	3	29	125±10	9
20	1	21	146±7	13
21	1	49	62±20	47±20
22	2	14	125±10	9

Для установления степени загрязненности кормовых ресурсов нами проведена оценка радиационной безопасности растительности, поедаемой животными исследуемого региона. При этом использовали республиканский нормативный документ "Временные критерии для принятия решений по ограничению облучения населения при передаче в хозяйственное пользование земель, на которых проводились ядерные взрывы" (КПРЗ - 97) [1]. В соответствии с КПРЗ - 97, наземная часть растений на сельскохозяйственных угодьях СИП имеет уровни загрязнения меньше предельно допустимых концентраций (ПДК), которые менее 74 Бк/кг в травянистых растениях. Очевидно что корневая система растений является мощным естественным барьером, препятствующим поступлению ^{137}Cs в наземную часть и предохраняющим организмы животных и человека от радиоактивного загрязнения по данному радионуклиду.

^{137}Cs - один из токсичных радиоизотопов, поэтому необходимо предпринимать различные меры по снижению его поступления в биологические объекты (растения, животные, человек). Загрязнение внешней среды ^{137}Cs представляет определенную опасность как при воздействии основного γ -излучателя, вносящего вклад во внешнее облучение. Анализ экспериментальных результатов свидетельствует о том, что на территории СИП имеются локальные участки, загрязненные значительной концентрацией ^{137}Cs . В работе представлены результаты рекогносцировочных исследований, которые позволяют оценить степень радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий в пределах южной части Семипалатинского полигона. В целом, на основании имеющихся данных прогноз может выглядеть обнадеживающим для значительных площадей используемых земель, но изучение процессов удерживания радионуклидов корневой системой растений требует детализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временные критерии для принятия решений по ограничению облучения населения при передаче в хозяйственное пользование земель, на которых проводились ядерные взрывы. - Алматы, 1997. - 125 с.
2. Исаков К. И. Пастбища и сенокосы степной зоны. - Алматы.: Гылым, 1993. - 448 с.

3. Попова О. Н., Таскаев А. И. Пути поступления ^{210}Po и ^{210}Pb в растениях // Миграция и биологическое действие естественных радионуклидов в условиях северных биогеоценозов. - Сыктывкар: - 1980. - С. 43 - 51.
4. Природные концентрации ^{210}Pb и ^{210}Po в растениях степных фитоценозов / Л. А. Ладинская, Ю. Д. Парфенов, Я. С. Арутюнов, Д. К. Попов // Экология. - 1976. - № 1. - С. 32 - 35.
5. Сытник К. М., Книга Н. М., Мусатенко А. И. Физиология корня. Киев.: Наукова думка, 1972. - 156 с.
6. Athalye V. V., Mistry K. B. Uptake and distribution of polonium-210 and lead-210 in tobacco plants // Radiat. Bot, 1972. - Vol. 6, № 12. - P. 421 - 425.
7. Auerbach J. Movement of ^{137}Cs in pine forest floor subsystems. - ORNL - № 4007. - 1966. - 74 P.
8. Hill C. R. Lead - 210 and polonium - 210 in grass // Nature, 1960. - Vol. 4733, № 187. - P. 1094 - 1097.
9. Martell E. A. Radioactivity of tobacco trichomes and insoluble cigarette smoke particles // Nature, 1974. - Vol. 5454, № 249. - P. 215 - 217.
10. Tzo T. C., Hallden N. A., Alexander L. T. Radium - 226 and polonium - 210 in leaf tobacco and tobacco soil // Science, 1964. - Vol. 3647, № 146. - P. 1043 - 1045.
11. Watters R. L., Hansen W. R. The hazards implication of the transfer of unsupported ^{210}Po from alkaline soil to plants // Health Physics Pergamon Press, 1970. - Vol 4, № 18. - P. 409 - 413.

Институт ядерной физики, Национальный ядерный центр РК

137 Cs РАДИОНУКЛИДТЕРІ ЖӘНЕ ӨСІМДІКТЕРДІҢ ТАМЫРЛАРЫ

Биолог.ғ.канд. Г. С. Аядарханова

Мақалада Семей полигонының оңтүстік аймақтарындағы радио-экологиялық зерттеулерінің мәліметтері жарияланған. Радиобелсенді ^{137}Cs өте көп мөлшері өсімдіктердің тамырларында жиналып (20-329 Бк/кг), өсімдіктердің топырақ үстіндегі бөліктерін ластайды (6-47 Бк/кг). Зерттеулердің нәтижелері бойынша ауыл-шаруашылық аймақтардағы радиоэкологиялық жағдай бағаланған.

УДК 622.822:622.271

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕГИОНОВ И ПУТИ ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Канд. техн. наук А. Б. Бегалинов

Предложен комплекс мер позволяющих оптимизировать размеры используемых земельных угодий и существенно уменьшить техногенную нагрузку на окружающую среду от воздействия отвалов вскрышных пород и рудных материалов в горнодобывающей промышленности.

В настоящее время в золотодобывающей и смежных отраслях сложилась крайне тяжелая ситуация, а способы добычи и переработки сырья не соответствуют современным техническим, экономическим и экологическим требованиям.

Добыча золотосодержащих руд в Казахстане ведется примерно в соотношении 40 - 45 % подземным и 55 - 60 % открытым способами. В связи с относительной дороговизной и большей трудоемкостью подземной добычи руд сейчас намечается увеличение добычи золотосодержащих руд открытым способом. В процессе добычи руд подземным способом возникают пустоты в литосфере в виде подземных горных выработок, которые в силу особенности системы разработок месторождения не закладываются. Ведется интенсивная откачка подземных вод, создавая депрессионные воронки. При отбойке горной массы, проведении горных выработок и добыче золотосодержащих руд образуются пыль и газы. При определенных размерах пустот и глубине их расположения возникает опасность высокой концентрации напряжений в зонах опорного давления и повышенной опасности возникновения горных ударов, а также угроза выхода на поверхность провалов и воронок, сдвижения блоков по контактам тектони-

ческих нарушений и значительного оседания земной поверхности. Одним из серьезных факторов воздействия на экологическую обстановку в районе добычи становится процесс осушения месторождений, отвод, накопление и нейтрализация рудничных вод. При откачке рудничных вод понижаются уровни водоносных горизонтов, развиваются обширные воронки депрессии, нарушается сложившееся взаимодействие поверхностных и подземных вод.

Рудничные воды содержат высокую концентрацию металлов, в основном тяжелых (кадмий, ртуть, медь). Она может достигать сотен миллиграммов на кубометр воды вместе с другими металлами; железом, мышьяком и т.д. присутствующих в таких же высоких концентрациях. Поэтому размещение и нейтрализация сточных вод вызывает определенные трудности.

Более предпочтительный с точки зрения экономики открытый способ также несет за собой целый шлейф экологических проблем. Открытые горные работы сопровождаются изъятием из оборота огромных по размерам в сравнении с подземным способом добычи, земельных площадей. Например, при добыче золотосодержащих руд средний коэффициент вскрытия составляет $3,4 \text{ м}^3$ на одну тонну руды, с учетом коэффициента разрыхления $1,2 - 1,5$. При этом на поверхности земли складывается в виде отвала пустых пород и некондиционных руд $4,08 - 5,1 \text{ м}^3$ или, другими словами, при добыче 100 т руды образуются отвалы объемом $408 - 510 \text{ м}^3$.

Складирование твердых отходов горного производства вызывает значительное отторжение земельных угодий, необходимых для нужд хозяйства. Кроме того, оно вызывает неблагоприятные гидрогеологические и геохимические изменения, происходит интенсивное загрязнение почвы, водоемов и воздушного бассейна. Последствия, связанные с нарушением окружающей среды, сказываются еще длительное время после завершения горных работ, что приводит к ухудшению санитарно-гигиенических условий и оказывает отрицательное влияние на здоровье людей, снижает продуктивность животного и растительного мира. При разработке месторождений золотосодержащих руд открытым способом площадь горного отвода зависит от предельной глубины карьера, с этим связаны, в свою очередь, объемы вскрышных работ и транспортных систем доставки горной массы.

Предельная глубина карьера рассчитывается исходя из экономической целесообразности границы разработок.

При этом одним из важных факторов является обоснование устойчивости бортов, карьеров и отвалов. В зависимости от геометрических размеров карьера (глубина, ширина и длина карьерного поля) изменение даже на 1° угла наклона борта карьера дает увеличение или уменьшение объемов горных работ от сотни тысяч до нескольких миллионов кубических метров. Поэтому при проектировании бортов карьера в процессе проектирования необходимо решить три основные задачи: обеспечение устойчивости обнаженных горных пород, рациональное расположение транспортных коммуникаций и минимум выемки пустых пород.

Отвальное хозяйство при горных разработках является одним из главных источников экологических нарушений. Вскрышные породы и рудные материалы, складированные в отвалах без специальных мер предупреждения окисления, подвергаются естественному выщелачиванию и химически активные элементы растворяясь загрязняют почву, водные бассейны, а также в отдельных случаях атмосферу. Механическое нарушение почв происходит в основном при длительном не использовании отвалов, образующих в результате ветровой эрозии пылевидные загрязнения. Загрязнение окружающей среды пылью, поднимаемой ветром с отвалов, представляет особую проблему в районах полупустынь и пустынь (аридная зона), где и расположены в основном большинство золоторудных предприятий Казахстана. Установлено, что пыль размером 100 мкм поднимается с места пылеобразования и переносится на расстояние 250 м при скорости ветра около 5 м/с и на расстояние более 800 - 1000 метров при скорости ветра около 9 м/с. При этом скорость осаждения минеральных частиц размером 100 мкм составляет 0,3 м/с, а 1 мкм - 30 м/с, т.е. особо опасная мелкодисперсная пыль загрязняет воздух в течении недель и месяцев. Большинство твердых отходов, образующихся при разработке золоторудных месторождений, содержат сульфиды (пирит, халькопирит, арсенопирит и т.д.). В результате осаждения частиц и попадания их во влажную и водную среду происходит кислотное заражение окружающей среды. Просачиваясь через отвалы и стекая по их откосам, поверхностные воды в результате выщелачивания сульфидов увеличивают свою кислотность и обогащаются желе-

зом, медью, никелем, кальцием, сульфатами и другими веществами. Эти токсичные для многих организмов воды загрязняют окрестные ручьи, реки, водоемы и подземные воды. Несмотря на то, что в большинстве случаев после отвальных образований среда отвалов может быть щелочной, по истечении 5 - 6 лет, в результате упомянутых выше процессов окисления, pH снижается до 2 - 3 и тело отвалов превращается в кислую среду.

Следует отметить, что развитию ветровой эрозии способствует понижение уровня грунтовых руд и осушение окружающей территории вследствие углубления открытых разработок. Зона действия депрессионной воронки вокруг карьера глубиной 200 - 250 м простирается на десятки километров. Таким образом, отвалы пустых пород и склады некондиционных руд представляют серьезную угрозу окружающей среде. Золотосодержащей руде почти повсеместно сопутствуют медь, свинец, цинк, сера, железо, мышьяк и другие элементы. Тонкая ассоциация золота в пиритах и арсенопиритах и взаимное прорастание минералов в комплексных сульфидных рудах Казахстана всегда таили в себе серьезную экологическую опасность при разработке и реализации технологии их переработки. Не менее сложные экологические проблемы имеют место в республике из-за наличия в руде повышенного содержания мышьяка. Сказанное подтверждается следующими примерами. Акционерное общество "Казахалтын", на долю которого приходилось 47,7 % всей добычи золота, производимого золотодобывающими предприятиями Казахстана, применяя традиционные технологии выпускало продукцию в основном в виде относительно бедных по золоту золотосодержащих флотоконцентратов. При этом обогатительные фабрики сбрасывали и продолжают сбрасывать в хвостохранилище 92,7 % твердой массы от объемов перерабатываемых руд с содержанием золота 0,75 - 1,25 г/т. С отходами фабрик в хвостохранилища попадает целый букет остатков химических реагентов (ртуть, нитрат натрия, сода кальцинированная, ксантогенат калия и т.п.). Хвосты Жолымбетской обогатительной фабрики дополнительно загрязнены цианидами и известью. Количество попадающих вредных веществ исчисляется ежегодно тоннами. Кроме того, в процессе обогащения руд кварцево-жильного типа (Казахалтын, Акбакай и др.) полностью теряются такие ценные минералы, как сера и железо.

При добыче и переработке комплексных руд (типа Майканин) по существующим технологиям извлечение основных полезных компонентов (Au, Ag, Cu, Zn) не превышает 50 %, а другие элементы вообще не берутся в расчет. Богатые золото-мышьяковистые углистые руды минерализованных зон (Бакырчик, Большевик и др.) из-за отсутствия высокоэффективной технологии переработок в течение десятков лет не осваиваются. Существовавшая до последнего времени система размещения горно-металлургических комплексов основывалась на положениях плановой экономики и была сориентирована на директивные формы управления производством, за счет чего в основном преодолевались упомянутые выше экологические проблемы.

При этом часть экологических проблем из сырьевых отраслей передавалась по эстафете на металлургические предприятия республики. Так, с акционерное общество "Казахалтын" на Балхашский горно-металлургический комбинат и Усть-Каменогорский свинцово-цинковый комбинат с золотосодержащими концентратами поступало ежегодно 2128,8 т мышьяка, 11881,4 т серы и более 10 т железа. Степень утилизации серы в серную кислоту на Балхашском горно-металлургическом комбинате не превышает 60 % от исходного продукта, оставшиеся 40 % выбрасываются с отходящими газами в атмосферу в виде сернистого ангидрида, что составляет более 4,5 т в пересчете на элементарную серу. Один из ценных компонентов сырья - железо безвозвратно уходит со шлаками металлургического передела в отвал. Большую озабоченность у металлургов вызывает возрастающая проблема обезвреживания и вывода мышьяка из процессов. Большие запасы золота в Казахстане сосредоточены на месторождениях, сложенных окисленными золотосодержащими рудами и в россыпях. Применительно к этим видам сырья в мировой практике склоняются к использованию методов геотехнологии (кучное и подземное выщелачивание).

Основным методом гидрометаллургического и геотехнологического извлечения благородных металлов остается пока цианирование. Однако цианистая технология обладает рядом существенных недостатков: высокая токсичность процесса цианистого растворения; относительно невысокая скорость растворения золота и серебра, непригодность для переработки сурьмянистых, медистых, марганцевистых, углистых руд и сульфидных концентратов, необходимость обез-

преживания сбросных растворов. Особенно противопоказана цианистая технология к методам подземного выщелачивания золота. Указанные недостатки цианистого процесса вынуждают проводить поиски других селективных растворителей золота.

В данный момент наиболее известны следующие заменители цианистого процесса: тиокарбомидное выщелачивание; гидрохлорирование; тиосульфатное выщелачивание; выщелачивание органическими растворителями (соли гуминовой и гумусовых кислот, ацилтонциангидрин, щелочные гидролизаты дрожжей и т.д.).

Из перечисленных растворителей практическое значение в последнее время приобретает тиосульфатное выщелачивание. Тиокарбомид чрезвычайно дорог и дефицитен. Хлор, наряду с высокой стоимостью и коррозионной агрессивностью, неприменим из экологических соображений. Другие растворители представляют пока теоретический интерес и не вышли за пределы лабораторных исследований. Тиосульфатное выщелачивание имеет очевидные преимущества как по технологическим так и экологическим критериям. Принципиально тиосульфатная технология переработки золотосодержащего сырья не является новой. В этом направлении работы ведутся во многих странах мира. Промышленное использование метода сдерживается пока дороговизной тиосульфатных реагентов. Забегая вперед скажем, что автору данной работы с группой специалистов удалось успешно решить задачу получения дешевого тиосульфатного растворителя при санитарной очистке газов от сернистого ангидрида, совместив этот процесс с новой технологией комплексной переработки золотосодержащих тиосульфатных материалов в едином технологическом цикле с максимальной утилизацией всех полезных компонентов сырья и выпуском целой гаммы высокотоварной ценной химической и металлургической продукции. Таким образом, приведенный выше анализ работы золотодобывающей отрасли промышленности показывает, что эта отрасль представляет серьезную экологическую угрозу не только в сфере своей непосредственной деятельности, но и в ряде смежных отраслей промышленности. Автор на основе большого личного опыта работы в этой сфере предлагает некоторые пути решения упомянутых проблем. Уменьшение размера отторгасмых земельных угодий, как уже сказано выше, зависит от геометрических размеров карьеров, объемов вскрышных работ, выбора места расположения

отвалов, техники и технологии отвалообразования, а так же инженерного обоснования оптимальной высоты отвалов. Автор данной работы на протяжении многих лет совместно с научно-проектными организациями занимался вопросами устойчивости бортов карьеров и откосов отвалов и рекультивации нарушенных открытыми горными работами земель. В наших разработках [3] приведены результаты исследования физико-механических свойств горных пород и структуры прибортовых массивов, методы расчета устойчивости откосов, мероприятия по обеспечению устойчивости откосов уступов на проектных контурах и т.д. Комплекс мер, разработанных на базе исследований и расчетов [3, 4] позволяет уже на стадии проектирования оптимизировать решение по уменьшению размеров используемых земельных угодий и существенно уменьшить техногенную нагрузку на окружающую среду от воздействия отвалов вскрышных пород и рудных материалов.

Одним из основных перспективных направлений увеличения объема производства золота является переработка окисленных низкосортных золотосодержащих руд и техногенно - минеральных образований (ТМО) методом кучного выщелачивания. Переработка ТМО в качестве золотосодержащего сырья имеет экономико-экологическую значимость и, в том числе, обеспечивает возвращение площадей ранее занятых под отвалы твердых техногенно-минеральных образований, а разработка ТМО, накопленных в хвостохранилищах, создает возможность возврата занятых под ними земель или же повторного использования освободившуюся их часть по назначению, не отчуждая новые площади. В некоторых случаях возникает реальная возможность использования отработанных карьеров для укладки штабелей при выщелачивании руд. Например: при разработке месторождения "Карьерное" нам удалось за счет оптимизации параметров кучи (выщелачиваемых штабелей) используя только 10 га земли, полностью освободить большие площади земли ранее занятые складами техногенно-минеральных образований.

С технологической точки зрения каждый вид сырья требует к себе строго индивидуального подхода. Тем не менее, исходя из анализа известных, а также предложенных нами в последнее время принципиально новых технологических решений золотосодержащее сырье можно объединить в следующие группы: комплексные сульфидные руды; пиритные концентраты и промпродукты; окисленные руды

кор выветривания и россыпи. Применительно к извлечению золота из всех этих видов сырья нами успешно использован аммиачно-тиосульфатный метод. Технологические исследования в этом направлении выполнены автором данной работы с группой ведущих специалистов Казахстана [1, 2].

Аммиачно-тиосульфатный метод успешно опробован нами в опытно-промышленных условиях на реальных наиболее упорных сульфидных углисто-мышьяковистых золотосодержащих концентратах месторождения Бақырчик (такие руды составляют 20 % от общего промышленного запаса золота Республики Казахстан). Эта технология позволяет успешно решить также задачу переработки золотосодержащих пиритных концентратов и промышленных продуктов. Этот вид сырья в большом количестве уже накоплен в отвалах действующих золотоизвлекательных фабрик и на фабриках цветной и черной металлургии (Майкаинзолото, Соколовско-Сарыбайское горно - производственное объединение, Лениногорский полиметаллический комбинат и др.) и продолжает поступать в хвостохранилища действующих предприятий. В случае необходимости при обогащении его можно легко выделить в виде отдельного товарного продукта из многих видов комплексного рудного сырья.

Более подробно остановимся на примере использования этого метода при переработке комплексного рудного сырья, которое на сегодняшний день является наиболее серьезным источником загрязнения окружающей среды сопровождаемое большими потерями минералов. Применительно к большому классу сульфидных комплексных руд месторождений типа Риддер-Сокольское, Майкаин, Абыз и др. традиционно используемая коллективно-селективная схема переработки, как было сказано выше, ведет к большим потерям металлов (до 40-50 %) на стадии селективной флотации минералов. Идея отказа от селективной флотации в пользу пиро- или гидрометаллургической переработки коллективных концентратов существует давно. Однако в пиропроцессах не удалось до конца решить удовлетворительно проблему утилизации серы. В гидрометаллургических процессах не удалось преодолеть трудности аппаратурного оформления. В этом случае довольно громоздкая капиталоемкая цепь аппаратов осложнилась дополнительно необходимостью создания специальной автоклавной техники, работающей в жестких условиях по температуре, давлению и

агрессивности реакционной среды. Нами была предложена эффективная комбинированная технология переработки комплексных сульфидных руд, в которой удалось в основном преодолеть упомянутые выше недостатки применяемых пирометаллургических процессов. Технология разработана в первую очередь применительно к рудам месторождения Майкаин. Однако она применима также к обширному классу подобных руд Казахстана. Основные элементы технологии прошли опытно-промышленную проверку на площадке Целинного горно-металлургического комбината, где она может быть легко адаптирована с использованием свободных мощностей химического завода. Технология предусматривает получение из руды коллективного сульфидного концентрата с высоким извлечением (90 % и выше) цветных металлов и золота. Полученный коллективный концентрат подвергают окислительному обжигу при $t = 750^\circ \text{C}$ в печах кипящего слоя. В этом режиме цветные металлы селективно переходят в раствор в виде сульфатных соединений, а железо остается при выщелачивании огарка в кеке в виде гематита. Цветные металлы из раствора последовательно осаждают в виде сульфидных соединений с помощью известково-серного отвара, который готовят путем растворения серы в известковом молоке. Железный кек после выщелачивания, в котором остается основная масса золота, подвергают тиосульфатному выщелачиванию.

Золото из раствора извлекают известными стандартными приемами и выпускают в виде сплава Доре, а кеки после фильтрации реализуют на предприятия черной металлургии для извлечения железа. Газы этих обжиговых переделов поступают в промывные отделения, где их обрабатывают пульпой из некондиционных марганцевых концентратов. При этом марганец восстанавливаясь сернистым газом из четырехвалентного состояния до двухвалентного переходит в раствор. Раствор увлекает с собой из газов вредные примеси (твердые взвеси, мышьяк и др.) и стабилизирует водный баланс системы, что позволяет из очистившихся таким путем газов получать дальше по схеме улучшенные сорта серной кислоты и олеум, пользующиеся спросом у потребителей. При санитарной очистке газов серноокислотного производства аммиаком на заключительной стадии процесса получают сульфит-бисульфит аммония, который затем легко трансформируется в тиосульфат аммония (реагент для извлечения золота),

а избыток может быть переработан на ценное удобрение -сульфат аммония. Из раствора, полученного при промывке газов простейшими призмами выделяют высокосортный марганцевый концентрат, а при более глубокой переработке целую гамму дефицитных химических продуктов (карбонат, оксид, диоксид) и другие соединения марганца, вплоть до металлического марганца. Достоинство предложенной схемы заключается прежде всего в том, что она без больших дополнительных затрат легко вписывается в действующие химические и металлургические производства и предусматривает использование рядовой химической и металлургической аппаратуры с наибольшей эффективностью (таблица). На основе предлагаемой технологии наиболее эффективной может стать кооперация бездействующих ныне предприятий Целинный горно-химический комбинат и Майкаинзолото с привлечением в переработку дополнительно продукции акционерного общества "Казахалтын" и акционерного общества "Казахмарганец". Выделим основные элементы новизны, обеспечивающие экономический и экологический выигрыш при использовании предлагаемой технологии:

- оригинальные режимы обжига продукта, обеспечивающие разделение цветных металлов от общей массы железа в голове процесса;

- марганцевая промывка сернистых газов на выходе из обжиговых печей, что позволило повысить товарность сернокислотной продукции, открыв путь к ее сбыту и получив попутно товарные марганцевые соединения;

- тиосульфатное выщелачивание золота из железных кеков с использованием дешевого экологически чистого собственного реагента вместо токсичного и дорогого цианида натрия.

С точки зрения экологического эффекта в актив данной технологии можно включить:

- снижение объема отвалообразующих продуктов за счет увеличения извлечения в товарную продукцию цветных металлов золота, железа и серы;

- улучшение товарной ценности сернокислотной продукции, что позволяет организовать ее сбыт и снизить экологическую нагрузку на водный и воздушный бассейны;

- замена ядовитых цианистых соединений при извлечении золота на экологически чистые тиосульфаты.

Таблица

Удельный вес утилизированных полезных компонентов из отходов при переработке исходного материала в тоннах

Исходный материал	По традиционной технологии			По предлагаемой технологии		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
Некондиционный пиритный концентрат	0,7514		0,7514	0,7514	0,689	0,616
Низкосортный флотационный марганцевый концентрат	0,3		0,3	0,3	0,285	0,015
Золотосодержащий флотоконцентрат рудника "Бестюбе"	0,2581	0,0342	0,2238	0,2581	0,233	0,0251
Золотосодержащий флотоконцентрат рудника "Аксу"	0,347	0,0496	0,2974	0,347	0,3048	0,0322
Золотосодержащий флотоконцентрат рудника "Жолымбет"	0,2891	0,0304	0,2587	0,2891	0,2578	0,0312
Комплексная сульфидная руда месторождения "Майкаин-В"	0,709	0,149	0,56	0,742	0,676	0,067

Примечание: A₁ - общее количество полезного компонента;

A₂ - извлеченный полезный компонент;

A₃ - отходы полезного компонента.

Простота, надежность и возможность легкой адаптации предлагаемой технологии к условиям действующих металлургических заводов Казахстана указывает на реальную возможность и необходимость внедрения этой технологии на строящихся и действующих предприятиях республики без крупных капитальных вложений.

Это подтверждается выполненными нами расчетами по загрузке химического завода Целинного горно-химического комбината в г. Степногорске промышленными продуктами Акционерного общества "Казахалтын", Акционерного общества "Майкаинский горно-обогатительного комбината" и Акционерного общества "Казахмарганец". Для анализа и выбора наиболее эффективного варианта работы завода нами выполнены эколого-экономические расчеты по пяти вариантам его загрузки. Полученные данные говорят о высокой экономической и экологической эффективности всех пяти вариантов. Выбор того или иного варианта зависит от конкретно поставленных целей. Сравнительный степень утилизации полезных компонентов также приведена в таблице. Среди всех новых технологических приемов, использованных нами для переработки упорных и сложных видов золотосодержащего сырья, мы безусловно отдаем приоритет аммиачно-тиосульфатному выщелачиванию, обеспечивающему наиболее высокий вклад в дело повышения экономической и экологической эффективности применяемых технологий.

Этот метод использован нами также в проектах освоения месторождений золота в корах выветривания (Жерек) и россыпях (Караултюбе, Юго-Западная Калба).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. № 18149. Республика Казахстан. Способ получения соединений марганца из раствора сульфата марганца /А. Б. Бегалинов, А. П. Яковлев и др. Оpubл. 16.03.98, Бюл. № 2.
2. А. с. № 18724. Республика Казахстан. Способ извлечения золота из углисто-сульфидного сырья /А. Б. Бегалинов, А. П. Яковлев и др. Оpubл. 15.05.98, Бюл. № 2.
3. Бегалинов А. Б., Низаметдинов Ф. К., Окатов Р. П. Обеспечение

устойчивости откосов уступов и бортов карьеров Центрального Казахстана - Караганда: ЦНТИ, 1998. - 54 с.

4. Чулаков П.Ч., Бегалинов А. Б., Калыбеков Т. Интенсификация рекультивации нарушенных открытыми способами горными работами земель. - Алматы: Гылым, 1994. - 172 с.

Закрытое акционерное общество "Инвестиционная промышленная компания Orient Gold"

АЛТЫН ШЫҒАРУ САЛАСЫНЫҢ АЛҚАПТАРДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ КҮЙІНЕ ӘСЕР ЕТУІН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАУІПСІЗДІК ЖОЛДАРЫН ЖЕТІЛДІРУ

Техн.ғ. канд. А. Б. Бегалинов

Пайдалы қазба өндірісінде іске пайдаланып жатқан жерлердің көлемдерін үйлесімге келтіру, қоршаған ортаға кен шығатын жерлердің бетін ашу процессінің және кендердің техногендік әсерлерін кеміту үшін комплекстік тәсілдер ұсынылған.

